

Aus dem Departement für Veterinärphysiologie und Tierernährung
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
Institut für Tierernährung

Direktor: Prof. Dr. M. Wanner

Arbeit unter Leitung von Dr. B. Wichert

Grundfutterqualität in Pferdeställen in der Schweiz

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Sarah Nater

Tierärztin
von Kemmental TG

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. M. Wanner, Referent

Prof. Dr. J. Morel, Korreferent

Zürich 2006

Studentendruckerei Zürich

Vorbemerkung

Diese Dissertation besteht aus einer Einleitung, in der die Fragestellung mit der Literatur verglichen wird, und zwei Manuskripten, die zur Veröffentlichung an zwei Zeitschriften mit Begutachtungsprozess eingereicht werden. Im Anhang werden weitere Daten und Informationen aufgeführt, die nicht in die Publikation aufgenommen wurden.

1. Zusammenfassung	1
2. Einleitung	
2.1. Ziel der Arbeit	3
2.2. Sinnenprüfung	4
2.3. Rohrnährstoffe und Mineralstoffgehalt	4
2.4. Fruktangehalt	8
2.4.1. Hufrehe und Fruktan	13
2.5. Mikrobiologie	15
2.6. Lipopolysaccharide (LPS)	17
2.7. Deoxynivalenol (DON)	20
2.8. Literaturverzeichnis	24
3. Manuskripte	
3.1. Manuskript 1: „Nährstoffgehalte und Eignung des Grundfutters zur Pferdefütterung“	39
3.2. Manuskript 2: „Judgement of hygienic quality of roughage in horse stables in Switzerland“	53
4. Anhang	
4.1. Fragebogen	
4.1.1. Fragebogen Deutsch	65
4.1.2. Fragebogen Französisch	70
4.2. Tabellen	
4.2.1. Tabellen zu Manuskript 1	75
4.2.2. Tabellen zu Manuskript 2	77
5. Danksagung	78
6. Curriculum vitae	79

1. Zusammenfassung

Für Schweizer Raufutter für Pferde liegen keine speziellen Nährstofftabellen vor. Aus diesem Grund wurden aus 46 Pferdehaltungsbetrieben in 22 Kantonen Grundfutterproben gesammelt. Die Proben wurden mit einer Sinnenprüfung beurteilt und anschliessend die Nährstoff-, Mineralstoff- und Fruktangehalte analysiert. Ausserdem wurden eine mikrobiologische Untersuchung, sowie eine Bestimmung der Konzentration an Deoxynivalenol (DON) und an Lipopolysacchariden (LPS) vorgenommen. Keine der Proben musste in Bezug auf die pferdegerechten Struktur als völlig ungeeignet bezeichnet werden. Die Rohproteingehalte im Schweizer Heu lagen im Mittel deutlich unter den Werten für Schweizer Wiederkäuerfutter und für Deutsches Pferdefutter. Die Gehalte der Mineralstoffe Calcium, Magnesium und Phosphor schwankten stark. Die Silagen/Heulagen wiesen mit einer Ausnahme Trockensubstanz-Gehalte von über 40 % auf. Die Fruktangehalte in den Silagen/Heulagen sowie im Grünfutter schwankten stark und erreichten einen Maximalwert von 94.3 g/kg TS in Grünfutter. Die Strohproben wiesen eine schlechtere hygienische Qualität auf als Heu und Silage. Acht Strohproben und ein Heu waren mit DON kontaminiert. Besonders viele Strohproben wiesen hohe LPS Gehalte auf, was im Einklang mit den Ergebnissen der Sinnenprüfung steht.

Summary

No special tables related to nutrients for Swiss roughage for horses exist. For this reason samples of roughage were taken from 46 horse keeping farms in 22 countries (Kantone). The samples were judged by a macroscopic examination and following the nutrient- and macromineral-content as well as the content of fructans were analysed. Further the microbial count as well as the concentration of Deoxynivalenol (DON) and the Lipopolysaccharide content was determined. No sample was in its quality totally improper for horses. The middle contents of crude protein in Swiss hay for horses were clearly lower than in hay for ruminants (RAP, 1999) and in German hay for horses (DLG, 1995). The mineral contents (calcium, magnesium, phosphorus) showed a wide range. Except for one sample the silages/haylages showed a dry matter (DM) content of more than 40 %. The contents of fructans in silage/haylage and forage also showed a wide range with a maximum of 94.3 g/kg DM fructan. The straw samples showed a lower hygienic quality than hay and silage. Eight straw and one hay samples were contaminated with DON. Especially in many of the straw samples high LPS contents were found, what was in good agreement with the macroscopic examination.

2. Einleitung

Das Grundfutter (Heu, Stroh, Silage, Grünfutter) stellt in der Ernährung des Pferdes den wichtigsten Bestandteil dar. Dieses trägt nicht nur der Anatomie und Physiologie der Tiere Rechnung, sondern spielt auch eine Rolle in der täglichen Beschäftigung des Pferdes.

Das Pferd ist in Körperbau und Verdauung darauf ausgerichtet, den grössten Teil des Tages mit der Nahrungsaufnahme zu verbringen. Dies bedeutet, dass kleine Mengen energiearmen Futters verteilt über den ganzen Tag aufgenommen werden. Natürlich muss die Fütterung individuell an jedes Pferd und die Leistung, die es zu erbringen hat, angepasst werden. Trotzdem bleibt das Raufutter die Basis für eine gesunde und artgerechte Pferdefütterung.

Funktion und Bau des Verdauungsapparates zeigen den hohen Stellenwert des Raufutters in der Ernährung des Pferdes. Das Gebiss mit den grossen, mahlenden Backenzähnen kann langstängeliges Material fein zerkleinern. Lange gekautes und zerkleinertes Futter wird gut eingespeichelt abgeschluckt und sorgt so im Magen für eine gute Durchmischung des Futterbreis. Der Magen ist im Verhältnis zur Körpermasse sehr klein und kann somit nur kontinuierlich kleine Futtermengen aufnehmen. Das Caecum jedoch nimmt ein grosses Volumen ein und stellt zusammen mit dem Colon eine Gärkammer dar, in welcher die mikrobielle Zersetzung von im Dünndarm nicht abgebauten Stoffen stattfindet. Werden kraftfutterreiche und raufutterarme Rationen verfüttert, so kann dies zu einer überschüssigen Vermehrung der Bakterien im Dickdarm führen, die Nährstoffe werden mikrobiell abgebaut und die Stoffwechselprodukte der Fermentation können Tympanien und pH-Abfall verursachen. Diese Veränderungen können für vielfältige Schädigungen in den verschiedenen Organsystemen sorgen. Auf der anderen Seite darf das Futter nicht ausschliesslich aus stark verholztem (ligninreichem) und stickstoffarmem Material wie z. B. Stroh bestehen, da sich sonst die Bakterienpopulation zurückbildet und durch den geringen Abbau der Stoffe eine Anschoppung mit unverdaulichem Material entstehen kann (Meyer und Coenen, 2002).

Einleitung

Die Gesundheit von Pferden kann auch durch mangelnde hygienische Qualität des Futters negativ beeinflusst werden. So können über die Einstreu und das Futter in die Luft gelangende Partikel unter Umständen zu Schäden im Respirationstrakt führen (Kamphues et al., 1991; Coenen und Kienzle, 1992; Kamphues, 1996; Rade et al., 1996). Sind die Futtermittel stark belastet mit Bakterien, Pilzen oder Toxinen, können daraus auch Koliken und, bei Resorption, Endotoxämien resultieren (Kamphues, 1986; Küstermann, 1989; Meyer, 1991; Kamphues, 1996).

2.1. Ziel der Arbeit

Häufig wird Raufutter mit der Bitte um Überprüfung seiner Eignung für die Pferdefütterung zur Untersuchung in das Institut für Tierernährung eingesandt. Von diesen Proben bestehen viele aus sehr feinen Gräsern oder sehr frühen, strukturarmen Schnitten. Dies legte den Verdacht nahe, dass solches Heu eher für die Milchviehfütterung produziert wurde. Gleichzeitig wird vielfach von der Verwendung eines besonders spät geschnittenen Ökoheus in der Pferdefütterung berichtet. Es stellte sich daher die Frage, ob und in welchem Umfang in der Schweiz spezifisches Grundfutter für Pferde angebaut bzw. verfüttert wird. Da es diesbezüglich bisher kaum Zahlen oder Untersuchungen zu Grundfutter für Pferde gibt, war es Ziel dieser Arbeit, in der Schweiz gefüttertes Raufutter hinsichtlich Herkunft und Qualität zu beurteilen. Die Qualität wird unter einem pferdegerechten und einem hygienischen Aspekt beurteilt. Die Faktoren „artgerecht“ und „Hygiene“ werden durch folgende Analysen bestimmt: Sinnenprüfung, Bestimmung der Rohnährstoffe, des Mineralstoffgehaltes, der Nahrungsfasern und des Fruktangehaltes, mikrobiologische Untersuchung, Lipopolysaccharid- und Deoxynivalenol-Konzentration.

2.2. Sinnenprüfung

Die Proben werden einer sensorischen Prüfung unterzogen. Die zu erfassenden Parameter sind: Griff, Farbe, Geruch und Verunreinigungen (Meyer und Coenen, 2002; Meyer et al., 2004). Aufgrund möglicher Veränderungen der genannten Parameter lassen sich Rückschlüsse auf die Qualität des Raufutters ziehen. Die Beurteilungskriterien, wie sie Meyer et al. (2004) für den Futterwert (Wiederkäuer) bestimmt haben, spielen für Pferde eine untergeordnete Rolle. Anstelle dessen sollte das Futter in Bezug auf seine Eignung, das Kaubedürfnis der Pferde zu befriedigen, untersucht werden.

Zusätzlich zur makroskopischen Berteilung werden die Futterproben unter der Stereolupe betrachtet. So können Verunreinigungen mit feinen Partikeln, Abweichungen in der Beschaffenheit der Oberflächen und vor allem der Befall mit Ungeziefer wie Milben, welche als Indikator für mangelnde Hygiene bei der Lagerung des Futters gelten (Kamphues und Schulze-Becking, 1992), besser erkannt werden.

2.3. Rohnährstoffe und Mineralstoffgehalt

Es sind keine Vergleichstabellen mit Angaben über den Gehalt an Rohnährstoffen und Mineralstoffen für Schweizer Raufutter, welches speziell zur Fütterung an Pferde produziert wird, bekannt. Schweizer Futter kann somit nur mit den Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP, 1999) oder den Futterwerttabellen für Pferde der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG, 1995) verglichen werden (Tab. 1 und 2). Werden die Angaben dieser Tabellen miteinander verglichen, so können ähnliche Werte für den Rohfasergehalt, den Rohproteingehalt (1. Aufwuchs), sowie den Rohaschegehalt (2. Aufwuchs) gefunden werden. Im für die Pferdefütterung relevanten Stadium 6 fehlen in den Schweizer Tabellen die Angaben für Mineralstoffe. Zudem wird das Rohfett dort ebenfalls nicht berücksichtigt.

Die Fraktion der Nahrungsfasern kann nach van Soest und Wine (1967) in Neutral Detergent Fiber (NDF, enthält Hemicellulosen, Cellulose, Lignin und Asche), Acid Detergent Fiber (ADF, enthält Cellulose, Lignin und Asche) und Acid Detergent Lignin (ADL, enthält Lignin) aufgeschlossen werden (Tab. 3). Über ADL und den Anteil von ADL an ADF erhält man somit genauere Werte zur Abschätzung der Rohfaser-Verdaulichkeit des Futters und damit über den Gehalt an verdaulicher Energie (Zeyner, 1995). Doch diese Daten finden sich noch nicht in den schweizerischen Nährwerttabellen.

Einleitung

Der Mineralstoffgehalt in Raufutter wird durch viele Faktoren, wie botanische Zusammensetzung (Tab. 4), Aufwuchs (Schnittzeitpunkt und Anzahl), Entwicklungsstadium, Bodenbeschaffenheit (chemische und physikalische Eigenschaften), Düngung (zugeführte Elemente, Menge und Häufigkeit), Klima (Niederschlag, Temperatur, Licht) und Konservierung (Silage, Dürrfutter) beeinflusst (RAP, 1999).

Üblicherweise enthält Raufutter genügend Kalium (K), um den Bedarf von Pferden, auch bei mässigem Verlust über den Schweiss, zu decken. Die Versorgung mit Natrium (Na) über das Futter hingegen ist in den meisten Fällen ungenügend und muss über Lecksteine oder Zugabe von losem Salz gesichert werden (Meyer und Coenen, 2002). Ein besonderes Augenmerk gilt den Gehalten an Kalzium (Ca), Magnesium (Mg) und Phosphor (P) im Futter, welche unter verschiedenen Einflüssen stark variieren können. So können beispielsweise der Bodentyp, der Boden-pH-Wert und die Ca-Versorgung des Bodens, welche in starken Wechselwirkungen zueinander stehen, je nach Konstellation eine Variation von bis zu 70 % der Ca-Konzentration bewirken (Glocker, 2003). Die botanische Zusammensetzung des Futters beeinflusst den Ca- und Mg- Gehalt ebenfalls erheblich (Tab. 3), während dieser Faktor nur geringen Einfluss auf die P-Konzentration hat (Glocker, 2003). Der Schnittzeitpunkt (v.a. Abnahme der P-Konzentration mit zunehmendem Pflanzenalter) und die Anzahl Aufwüchse (v.a. Ca- und Mg-Zunahme mit Anzahl der Aufwüchse) sind ebenso zu berücksichtigen bei der Beurteilung des Mineralstoffgehaltes von Raufutter (RAP, 1999). Insgesamt ist eine Abschätzung jedoch schwierig, da nicht quantifizierbare Faktoren wie Bröckelverluste bei der Trocknung oder Niederschläge vor oder nach dem Schnitt nicht in die Bewertung einbezogen werden können. Diese Faktoren nehmen zwar einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Mineralstoffgehalte im Dürrfutter, können jedoch kaum abgeschätzt werden (Glocker, 2003).

Tabelle 1: Rohnährstoffe und Mineralstoffgehalt in Heu (Angaben in % der Trockensubstanz), Vergleich von Raufutter verschiedener Herkunft und Zusammensetzungen in verschiedenen Stadien (1. Aufwuchs)

<i>Futter</i>	Rohasche	Rohfaser	Rohprotein	Rohfett	Ca	P	Mg	Na	Ka
<i>Gräserreich (>70 % Mischgräser)</i>									
<i>Stadium 4</i>	9.0	28.8	10.4	-	0.55	0.31	0.14	0.02	2.6
<i>Ausgewogen (50-70% Gräser)</i>									
<i>Stadium 4</i>	9.0	27.1	12.5	-	8.0	0.33	0.18	0.02	2.4
<i>Heu, Wiese grasreich</i>									
<i>Stadium 4</i>	8.0	28.3	11.4	2.6	0.5	0.34	-	0.06	-
<i>Gräserreich (>70 % Mischgräser)</i>									
<i>Stadium 5</i>	8.5	32.2	9.1	-	0.55	0.30	0.14	0.02	2.4
<i>Ausgewogen (50-70% Gräser)</i>									
<i>Stadium 5</i>	8.6	31.0	10.5	-	8.0	0.30	0.18	0.02	2.3
<i>Gräserreich (>70 % Mischgräser)</i>									
<i>Stadium 6</i>	8.0	35.9	6.8	-	-	-	-	0.02	-
<i>Ausgewogen (50-70 % Gräser)</i>									
<i>Stadium 6</i>	8.2	34.7	8.7	-	-	-	-	0.02	-
<i>Heu, Wiese grasreich</i>									
<i>Stadium 6</i>	7.7	34.2	8.9	2.1	0.5	0.28	-	0.06	-

RAP, Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer (1999)

DLG, Futterwerttabellen für Pferde (1995), keine Angaben für Stadium 5

Legende:

- Stadium 4: volles Rispschieben
- Stadium 5: Ende Rispschieben
- Stadium 6: Blüte

Tabelle 2: Rohnährstoffe und Mineralstoffgehalt in Emd (Angaben in % der Trockensubstanz), Vergleich von Raufutter verschiedener Herkunft und Zusammensetzungen (2. Aufwuchs)

<i>Futter</i>	Rohasche	Rohfaser	Rohprotein	Rohfett	Ca	P	Mg	Na	Ka
<i>Gräserreich (>70 % Mischgräser)</i>									
<i>Stadium A</i>	9.5	25.3	12.2	-	0.90	0.39	0.22	0.02	2.80
<i>Ausgewogen(50-70% Gräser)</i>									
<i>Stadium A</i>	9.5	23.6	14.8	-	1.15	0.40	0.27	0.02	3.00
<i>Heu, Wiese grasreich</i>									
<i>Stadium A</i>	9.0	27.6	12.2	3.0	0.54	0.34	-	0.06	-
<i>Gräserreich (>70 % Mischgräser)</i>									
<i>Stadium B</i>	8.5	32.2	9.1	-	0.90	0.31	0.22	0.02	2.60
<i>Ausgewogen (50-70 % Gräser)</i>									
<i>Stadium B</i>	8.6	31.0	10.5	-	1.15	0.39	0.27	0.02	2.40
<i>Heu, Wiese grasreich</i>									
<i>Stadium B</i>	9.3	31.9	10.8	2.9	0.52	0.30	-	0.06	-

RAP, Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer (1999), Angaben für Anbau < 600 m ü.M.

DLG, Futterwerttabellen für Pferde (1995)

Legende: - Stadium A: 2. Aufwuchs, 4-6 Wochen
 - Stadium B: 2. Aufwuchs, über 6 Wochen oder 6-8 Wochen

Tabelle 3: Faserfraktionen verschiedener Heusorten (Angaben in % der Trockensubstanz), alle im frühen Blütestadium (NRC, 1989)

Heusorte	Rohfaser	NDF	ADF	Lignin
Heu: Wiesenlieschgras (Phleum pratense)	31	67	36	5
Heu: Italienisches Raigras (Lolium multiflorum)	36.3	69	45	6
Heu: Knautgras (Dactylis glomerata)	31	61	34	5

Tabelle 4: Durchschnittlicher Mineralstoffgehalt in verschiedenen Pflanzengruppen (Angaben in % der Trockensubstanz), nach Meyer und Coenen (2002)

Pflanzengruppe	Ca	Mg	P	Na
Gräser	0.4 - 0.6	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	0.1 - 0.2
Kleeartige	1.4 - 1.6	0.35 - 0.4	0.35 - 0.4	0.05 - 0.2
Kräuter	1.6 - 1.9	0.5	0.3 - 0.4	0.15

2.4. Fruktangehalt

Vielfach wird im Zusammenhang mit zu rascher Umstellung von raufutterreichen Rationen auf die Fütterung von jungem, energiereichem Gras im Frühjahr von Hufrehe-Erkrankungen berichtet. Landläufig wurde diese Symptomatik dem hohen Proteingehalt des wachsenden Grases zugeschrieben. Im englischsprachigen Raum jedoch gilt als Ursache der hohe Kohlenhydrat- und somit auch Energiegehalt des Futters (Coenen und Vervuert, 2002). Eine Überladung des Darms mit Kohlenhydraten in Form von Stärke wurde schon früh mit Hufrehe in Verbindung gebracht (Garner et al., 1975; Carroll et al., 1987).

Kohlenhydrate können bei der Verdauung entweder hydrolysiert oder fermentiert werden. Nach Hoffman et al. (2001) sind in Weidegras und Heu nur 33 % der Kohlenhydrate hydrolysierbar, in Kraftfutter jedoch 97 % (v.a. Stärke). Es wird vermutet, dass bei der Weide-induzierten Hufrehe mit hoher Wahrscheinlichkeit rasch fermentierbare Kohlenhydrate die Hauptrolle spielen.

Einleitung

Fruktane (Fruktose-Polymere) gehören zu den im Dickdarm von Pferden rasch fermentierbaren Kohlenhydraten (Hoffman et al., 2001; Huntington und Pollitt, 2005). Sie werden von Gräsern der gemässigten Zone als Reservekohlenhydrate gebildet. Als Produkt der Photosynthese werden sie aus Saccharose (Disaccharid, bestehend aus Glukose und Fruktose) in Vakuolen synthetisiert und gespeichert (Edelman und Jefford, 1968). Die allgemeine Formel für Fruktane kann mit GF_n beschrieben werden, wobei G für die Glukoseeinheit und F für die Fruktoseeinheit steht. Es gibt wenige Fruktane, die keinen endständigen Glukoserest besitzen. Diese können mit der Formel F_m beschrieben werden (Hoebregs, 1997).

Fruktane mit $\beta(2-6)$ -Fruktosylpolymeren, verbreitet in Graminae (Süssgräser) der gemässigten Zone, werden als Levan-Typ oder Phlein bezeichnet (Kühbauch et al., 1978). Die höchsten durchschnittlichen Polymerisationsgrade (DP) von Phlein wurden mit 299 DP in Lieschgras gefunden. Fruktane liegen in Ringstrukturen vor und sind gut wasserlöslich (Hendry, 1987).

Folgende Faktoren beeinflussen den Fruktanmetabolismus in Pflanzen (nach Dahlhoff, 2003):

Pflanzenart:

Nach Ojima und Isawa (1968) sowie Chatterton et al. (1989) können Gräser in einen „nördlichen Typ“, welcher unter kühlen und gemässigten klimatischen Bedingungen vorkommt, und einen „südlichen Typ“, der in warmen und tropischen Regionen zu finden ist, eingeteilt werden. Auch die Speicherung der Kohlenhydrate unterscheidet sich in diesen Typen wesentlich:

„Nördliche Typen“ speichern überwiegend Fruktane als Reservekohlenhydrate, während Gräser südlicher Regionen mehrheitlich Stärke und Saccharose einlagern. Die Untersuchungen von Smouter und Simpson (1989) zeigten, dass Gramineae der Unterfamilie der Pooideae Fruktangehalte bis 25 % der Stängelrockensubstanz aufweisen können. Zu dieser Unterfamilie zählen u.a. Englisches Raigras (*Lolium perenne*) und Knautgras (*Dactylis glomerata*), welche wir in unseren Breitengraden häufig finden. Obwohl Longland et al. (1999) in Englischem Raigras saisonal bis zu 400 g Fruktan/kg TS fanden, konnten diese Ergebnisse in einer nachfolgenden Studie nicht bestätigt werden. Longland und Murray (2003) fanden Maximalwerte von 120 g Fruktan/kg TS in Englischem Raigras.

In Gräsern Deutscher Pferdeweiden im Münsterland konnte ein maximaler Fruktangehalt von 81.55 g/kg TS nachgewiesen werden (Dahlhoff, 2003). Auch Grässler und von Borstel (2005) konnten bestätigen, dass Gräsermischungen, welche reich an Englischem und Italienischem

Einleitung

Raigras sind, höhere Fruktangehalte aufweisen, als Mischungen, welche nur zu einem kleinen Teil aus den genannten Sorten bestehen.

Leguminosen wie Weissklee speichern im Vergleich zu diesen Gräsern nur wenig Fruktane (Ojima und Isawa, 1968; Meister und Lehmann, 1984).

In der Literatur konnten keine Angaben über den Fruktangehalt in Kräutern gefunden werden.

Tages- und Jahreszeitliche Schwankungen:

Innerhalb weniger Stunden können Fruktangehalte in Gräsern stark schwanken. Longland und Cairns (2000) berichteten von tiefen Werten in den frühen Morgenstunden, einem Anstieg im Verlaufe des Nachmittags bis zum Höhepunkt am frühen Abend und einem anschliessenden Abfall bis zum nächsten Morgen. Diese Zeiten können sich je nach Jahreszeit verschieben. Longland et al. (1999) konnten in Englischem Raigras unter sonnigen Bedingungen im Mai Höchstwerte zur Mittagszeit messen, während im Juni bei bewölktem Wetter maximale Fruktangehalte erst während des späten Nachmittags auftraten. Als Ursache dieser Schwankungen werden unterschiedliche Lichtintensitäten und Temperaturen angegeben.

In Bezug auf jahreszeitliche Unterschiede finden sich widersprüchliche Angaben in der Literatur. Während Pollock und Jones (1979) im Dezember die höchsten Fruktangehalte in Englischem Raigras, Wiesenlieschgras und Wiesenschwingel fanden und Hoffman et al. (2001) im November maximale Konzentrationen an schnell fermentierbaren Kohlenhydraten in einem Gras-Leguminosengemisch messen konnten, fanden Longland et al. (1999) in den Monaten Juli und August extrem hohe Fruktangehalte in zwei verschiedenen Sorten Englischen Raigrases.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit beeinflussen andere Faktoren wie Lichtintensität, Temperatur und Vegetationsperiode die Akkumulation von Fruktanen in grösserem Ausmass.

Temperatur:

Einige Autoren beschrieben einen Zusammenhang zwischen dem Gehalt löslicher Kohlenhydrate in Gräsern und der Temperatur (Kühbauch, 1977; Pollock, 1986a, b; Chatterton et al., 1989; Donaghy und Fulkerson, 1998; Longland und Cairns, 2000). In der Studie von Chatterton et al. (1989) konnte gezeigt werden, dass Gräser der gemässigten Zone unter kalten Bedingungen deutlich höhere Gehalte an löslichen Kohlenhydraten, im speziellen an Fruktanen, aufwiesen als unter warmen Temperaturen. Für die Autoren bedeutet dies, dass die Anreicherung von Fruktan eine ergänzende und nicht eine alternative Form der Kohlenhydrat-Speicherung in "cool-Typ"-Pflanzen darstellt, die der Pflanze erlaubt, unter

Einleitung

kühlen Bedingungen mit der Photosynthese fortzufahren, wenn die anderen Speicher-Pools gesättigt sind. Nächtliche Temperaturabsenkungen bis um den Gefrierpunkt gefolgt von sonnigen, warmen Tagen erzeugen besonders hohe Fruktankonzentrationen (Budras et al., 2001; Huntington und Pollitt, 2002,2005). Solche Bedingungen finden sich in unseren Breitengraden hauptsächlich im Frühling und Herbst.

Lichtintensität:

Die Lichtintensität ist abhängig von der Tageslänge, der Kraft der Sonneneinstrahlung und der Wolkendichte. Die Photosyntheserate und somit die Fruktananreicherung wird bei höherer Lichtintensität gefördert (Pollock, 1986a; Pollock und Cairns, 1991; Vijn und Smeekens, 1999), während bei abnehmender Lichtintensität der Gehalt an Fruktanen sinkt (Fulkerson und Donaghy, 2001). Nach Kühbauch et al. (1978) hat jedoch die Lichtintensität im Vergleich zur Temperatur nur einen geringen Einfluss auf die Anreicherung von Speicherkohlenhydraten. Auch Pollock (1986a) betonte, dass die Fruktanakkumulation vor allem in Situationen geringen Bedarfes bei gleichzeitig hoher Produktionsmöglichkeit von Kohlenhydraten in der Pflanze vorzufinden ist. Da bei niedrigen Temperaturen das Wachstum sehr eingeschränkt und somit der Bedarf gering ist, spielt die Lichtintensität vor allem bei diesen Verhältnissen eine Rolle.

Vegetationsperiode:

Wie der Gehalt an anderen Nährstoffen variieren auch die Kohlenhydrat-Gehalte im Verlaufe der Vegetation. Die Angaben in der Literatur sind jedoch gegensätzlich. Budras et al. (2001) schilderten einen Höhepunkt der Fruktankonzentration im Frühling mit Abnahme bei fortschreitender Reife der Pflanze, während Hoffman et al. (2001) von einer Zunahme der rasch fermentierbaren Kohlenhydrate im Verlaufe der Vegetationsperiode berichteten. Ähnliche Angaben machten auch Pollock und Jones (1979) und Pollock (1986a), die in Englischem Raigras, Wiesenlieschgras und Wiesenschwingel im April und Mai, während der Zeit schnellen Wachstums also, kein Fruktan nachweisen konnten. Sie fanden erst in Zeiten restriktiven Wachstums (später Sommer, Herbst, Winter) grosse Mengen Reservekohlenhydrate, als die Photosyntheserate den Kohlenhydratbedarf überstieg. Vergleichbare Daten lieferten Longland und Cairns (2000), die während der Samenbildung unter negativer Energiebilanz geringe Fruktangehalte vorfanden. Huntington und Pollitt (2002, 2005) sprachen von extrem hohen Fruktankonzentrationen vor und während der Blüte von Gräsern.

Einleitung

Düngung:

In älteren Studien (Smith, 1968; Hehl und Mengel, 1972) überwog die Meinung, dass Düngung, insbesondere durch Stickstoff und in geringerem Ausmass durch Kalium, den Fruktangehalt in Pflanzen senkt, respektive Stickstoffmangel mit einer erhöhten Fruktananreicherung verbunden ist (Pollock, 1986a). Diese Beobachtungen wurden mit verstärktem Wachstum der Pflanzen erklärt, wobei grosse Mengen an Kohlenhydraten verbraucht werden und keine Speicher angelegt werden können. Wie der Bericht von Watts (2004) zeigte, gilt allgemein noch die Ansicht dieser Autoren.

Schubiger et al (1998) berichteten jedoch in ihren Untersuchungen, dass Stickstoffdüngung häufig zu einem Anstieg des Fruktangehaltes in Grünfutter führt, da vor allem das Wachstum von stark Fruktan akkumulierenden Gräsern gefördert werde.

Nutzungsintensität der Weide:

Die Nutzungsintensität (Schnitthäufigkeit und/oder Grasungsintervall) beeinflusst den Kohlenhydratgehalt der Pflanzen durch den Energieverbrauch für den Wiederaufwuchs (Kühbauch, 1977; McGrath, 1988; Donaghy und Fulkerson, 1998; Fulkerson und Donaghy, 2001). Die Regenerationsgeschwindigkeit der Pflanzen hängt dabei vom Reifestadium der Pflanzen, der Konzentration der löslichen Kohlenhydrate nach der Nutzung, der Lichtintensität und der Temperatur ab.

Grässler und von Borstel (2005) bestimmten höchste durchschnittliche Fruktankonzentrationen im ersten (Mai) und fünften (Oktober) Aufwuchs. Während des Sommers waren die durchschnittlichen Fruktangehalte in Weidegras geringer. Bei Schubiger et al. (1998) wies nur der erste Aufwuchs hohe Konzentrationen an nicht-strukturbildenden Kohlenhydraten auf, nachfolgende Weideaufwüchse im Sommer und Herbst enthielten geringere Mengen.

Pflanzen intensiv genutzter Weiden müssen nach den Nutzungsintervallen auf ihre Kohlenhydratreserven zurückgreifen, um möglichst schnell wieder Blätter zu bilden, damit Photosynthese betrieben werden kann. Übersteigen Respiration und Erhaltung aber die kumulierten Reserven, so stirbt die Pflanze (Fulkerson und Doneghy, 2001). Eine erneute Nutzung während des Wiederaufwuchses mindert den Gehalt an Reservekohlenhydraten ebenfalls. Somit korrelieren die Nutzungsintensität und der Gehalt löslicher Kohlenhydrate negativ (Donaghy und Fulkerson, 1998).

Trocknung (Heu) bzw. Fermentation (Silage) und Fruktangehalt:

Wie schon erwähnt, kann das Ausgangsmaterial je nach Schnittzeitpunkt verschiedenen Einflüssen ausgesetzt sein. Damit kann auch der Fruktangehalt stark variieren.

Verschiedene Autoren sind sich jedoch einig, dass bei der Bodentrocknung von pflanzlichem Material ein Verlust von nicht-strukturbildenden Kohlenhydraten stattfindet (Melvin und Simpson, 1963; Alli et al., 1985). Dies ist sowohl auf enzymatische, wie auch auf respiratorische Aktivitäten zurückzuführen. Treviño et al. (1995) zeigten in Versuchen mit Heu aus Grünhafer (ganze Pflanze), dass die Trocknung einen signifikanten Abfall der Konzentration löslicher Kohlenhydrate erzeugt. Die Reduktion des Fruktangehaltes bewegte sich zwischen 38.2 und 42.8 % (ganze überirdische Pflanze). In derselben Studie konnte auch gezeigt werden, dass das Futter bei schneller Trocknung (sonniges, warmes Wetter) weniger Kohlenhydrate verliert als bei langsamer Trocknung (bewölkt, hohe Luftfeuchtigkeit).

Schon Kleeberger und Kühbauch (1976) stellten fest, dass Bakterien der Spezies „*Lactobacillus paracasei*“ (früher: „*casei*“) in der Lage sind, Fruktane des Phlein-Typs zu spalten. In einer späteren Studie untersuchten Müller und Lier (1994) 712 Bakterienstämme, die auf Weidegras isoliert werden konnten, auf ihre Fähigkeit Fruktane zu spalten. Nur etwa fünf Prozent besaßen diese Fähigkeit. Am effektivsten war dabei „*Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei*“. Winters et al. (1998) fanden in unbehandelten Silagen nur zwei Fruktan abbauende Bakterienstämme (von 109 isolierten Stämmen). Der Fruktanabbau in unbehandelten und in mit Fruktan degradierenden *Lactobacillen* inokulierten Silagen war vergleichbar, wie in derselben Studie festgestellt wurde. Aus diesem Grund wird vermutet, dass hauptsächlich andere mikrobielle Enzyme und pflanzliche Hydrolasen für die Degradation von Fruktan in Silagen verantwortlich sind (Merry et al., 1995; Winters et al., 1998). Allerdings wurden die Fruktane in inokulierten Silagen schneller abgebaut und das Futter wurde dabei besser konserviert (tieferer pH- Wert, höhere Milchsäurekonzentration).

2.4.1. Hufrehe und Fruktan

Schon Garner et al. (1975) und Carroll et al. (1987) beschrieben, dass eine Veränderung des Caecuminaltes durch übermäßige Kohlenhydrataufnahme und anschliessende Fehlgärungen zu Hufrehe-Erkrankungen führen kann. In neueren Literaturangaben zum Auftreten von Hufrehe im Zusammenhang mit der Aufnahme von Weidegras wird das Reservekohlenhydrat

Einleitung

Fruktan in den Gräsern für die Veränderungen im Caecuminhalt verantwortlich gemacht (Longland et al., 1999; Longland und Cairns, 2000; Budras et al., 2001; Huntington und Pollitt, 2002, 2005). In ihren Experimenten konnten Huntington und Pollitt (2002, 2005) sowie Pollitt und van Eps (2002) mit der einmaligen Gabe von 7.5 g chemisch reinen Fruktans pro kg KGW (Körpergewicht) Hufrehe auslösen. Mösseler (2004) verabreichte sechs Pferden während zehn Tagen zusätzlich zur Heuration einmal täglich einen Bolus von 1.5 g /kg KGW Inulin (Fruktan) in Form von Topinambur. Bei keinem dieser Pferde konnten Anzeichen einer Hufrehe-Erkrankung beobachtet werden. Folglich kann angenommen werden, dass die Aufnahme dieser Menge Fruktan neben Heu unbedenklich ist, während die Dosis von 7.5 g/kg KGW als Bolus verabreicht zu Hufrehe führt.

Über welche Mechanismen die Veränderungen im Darminhalt zu den Veränderungen in der Huflederhaut führen, ist noch nicht restlos geklärt. Es werden verschiedene mögliche Wege in Betracht gezogen, welche auch parallel erfolgen könnten (Bailey et al. 2004).

Am Anfang steht eine Veränderung der Caecalflora. Gram-positive Bakterien (vor allem Lactobacillen und Streptokokken) vermehren sich überschüssend (Mungall et al., 2001; Huntington und Pollitt, 2002, 2005), während sich die Zahl der gram-negative Bakterien aufgrund des pH-Abfalls durch die Milchsäurebildung der Lactobacillen stark verringert (Garner et al., 1978; Bailey et al., 2002, 2003a). Dies führte zur Hypothese, dass Endotoxine der zugrunde gehenden gram-negativen Bakterien die auslösenden Faktoren für Hufrehe sein könnten, indem sie ins Blut gelangen und dort gefäßverengende Wirkungen entfalten können (Garner et al., 1978). Nachdem aber durch die Verabreichung von Endotoxinen an Pferde keine Erkrankung ausgelöst werden konnte und in einem anderen Modell bei experimentell hervorgerufener Hufrehe keine Beteiligung von Endotoxinen nachweisbar war, wird diesem Faktor heute allenfalls eine Mitbeteiligung in der Pathogenese der Hufrehe-Erkrankung zugemessen (Bailey et al., 2004).

In einer in vitro Studie fanden Mungall et al. (2001) drei gram-negative und vier gram-positive Dickdarmbakterienarten (darunter *Streptococcus bovis*), welche Exotoxine produzieren, die in der Lage sind, in der Lamellenstruktur der Hufe ansässige Metalloproteinasen zu aktivieren. Folgende Reaktionskette wird dabei vermutet: eine Kohlenhydratüberladung führt zu einer überschüssenden Vermehrung dieser Bakterien und damit auch zu hochgradiger Exotoxinausschüttung. Anschliessend schädigen die aktivierten Metalloproteinasen die Hemidesmosomen in der Basalmembran und führen so zu den charakteristischen Veränderungen in der Huflederhaut kranker Pferde.

Bailey et al. (2002, 2003b) beobachteten ebenfalls einen pH-Abfall und die Vermehrung bestimmter Bakterien bei Kohlenhydratüberladung des Dickdarmes. Sie konnten Bakterien nachweisen, welche durch Decarboxylierung von Aminosäuren imstande waren, biogene Amine zu produzieren. Da die Fermentation grosser Mengen an Kohlenhydraten im Dickdarm die parazelluläre Permeabilität erhöhen kann (Weiss et al., 2000), können Amine wie Tyramin und Tryptamin in das vaskuläre System gelangen und dort aufgrund ihrer Ähnlichkeiten mit der Struktur von Catecholaminen und 5-Hydroxytryptamin vasopressive Effekte entwickeln (Bailey et al., 2003b; Elliot et al., 2003). Aufgrund dieser Beobachtungen wird vermutet, dass diese Mechanismen an der Entstehung fütterungsbedingter Hufrehe beteiligt sein könnten.

Longland und Murray (2003) versetzten den Chymus eines mit Gras gefütterten Ponys mit Gras einer Fruktan akkumulierenden Sorte und konnten damit einen pH-Abfall und Lactat-Produktion hervorrufen. Gräser mit einem sehr hohen Fruktangehalt könnten also möglicherweise zur schon genannten Dickdarm-Azidose und darauf folgenden Veränderungen führen.

2.5. Mikrobiologie

Der Hygienestatus von Futtermitteln lässt sich durch verschiedene Analysen bestimmen. Für eine erste Einschätzung kann die bereits erwähnte Sinnenprüfung herangezogen werden. Genauere quantitative Informationen liefern jedoch mikrobiologische Verfahren (Kamphues, 1996).

In der mikrobiologischen Untersuchung können die vermehrungsfähigen Mikroorganismen nachgewiesen werden. Der Verderb von Futtermitteln kann nach Gedek (1973) in drei Stadien (gering-, mittel- und hochgradig) eingeteilt werden, wobei der zeitliche Ablauf stark variieren kann. Das Fortschreiten des Verderbs wird laut Gedek (1973) sowohl durch die primäre Keimzahl und den Nährstoffgehalt des Futters, als auch durch Umweltbedingungen wie Luftfeuchtigkeit oder Temperatur bestimmt. Auch Kamphues (1996) berichtete, dass die Belastung des Futters mit Keimen durch die Hygiene bei der Futtergewinnung und -lagerung, sowie durch die Beschaffenheit des Futters selbst beeinflusst wird.

Einleitung

Verdorbenes Futter kann über drei verschiedene Mechanismen ein Risiko für Schadwirkungen im Organismus darstellen (nach Kamphues, 1996):

- a) direkte Infektion mit
 - Pilzsporen (Mykosen)
 - Bakterien (Salmonellen, Listerien, usw., Futter als Vektor)
- b) direkte Toxinresorption
 - Mykotoxikosen
 - Exo-/ Endotoxine von Bakterien
- c) indirekte oder sekundäre Effekte
 - reduzierte Futteraufnahme
 - Allgemeinerkrankungen
 - Sensibilisierung / Toleranz

Demzufolge muss der hygienischen Qualität in der Beurteilung von Futtermitteln ein beträchtlicher Stellenwert eingeräumt werden (Kamphues, 1996; Wolf et al., 2005).

Dürrfutter ist aufgrund seines geringen Wassergehaltes nicht stark durch bakteriellen Verderb gefährdet. Weist es trotzdem eine erhöhte Feuchtigkeit auf (nicht ganz trocken eingebracht, unsachgemäße Lagerung), neigt es eher zu Verschimmelung als zu bakteriellem Verderb (Kamphues, 1996). In den Versuchen von Rade et al. (1996) konnte keine Immunantwort auf orale oder inhalative Aufnahme von Schimmelpilzen bei jungen Pferden festgestellt werden. Trotzdem wird davon ausgegangen, dass eine Exposition mit Schimmelpilzsporen aus dem Heustaub bei der Futteraufnahme oder sekundär über die Luft im Stall zu asthmaartigen, allergischen Krankheitserscheinungen im Respirationstrakt führen kann, falls auch noch andere begünstigende Faktoren (genetische Disposition, Infektionen, Mangelernährung, Haltungsbedingungen, etc.) hinzukommen (Schatzmann und Gerber, 1972; Rade et al., 1996). Frevel (1997) und Paetkau (1998) führten ähnliche Versuche mit Inhalation eines Schimmelpilz-, Milben-Gemisches nach einer definierten Belastung der Pferde auf dem Laufband durch. Frevel (1997) konnte anschliessend bei drei von sechs Pferden klinische Erscheinungen einer gering- bis mittelgradigen obstruktiven Lungenerkrankung diagnostizieren. Die Resultate von Paetkau (1998) korrelierten jedoch nicht mit diesem Befund. Hier konnte nur im Tracheobronchialsekret (nicht im Serum) eine transiente Zunahme des Gesamtantikörpertiters gegen einzelne inhalierte Antigene gefunden werden, was für eine Reaktion des Immunsystems auf rein pulmonaler Ebene spricht.

Wolf et al. (2005) fanden in den mit Vorbericht „Husten“ eingesandten Futtermitteln für Pferde aus den Jahren 2000 bis 2005 in 60 % der Proben, wovon knapp 80 % Raufutter (Heu und Stroh) waren, eine erhöhte Kontamination mit Schimmelpilzen.

Für eine Vermehrung von Hefen sind Futtermittel mit höherem Wasser- und Zuckergehalt (z.B. Silagen) anfällig (Kamphues, 1996). Werden stark mit Hefen kontaminierte Futtermittel von Pferden aufgenommen, kann dies zu einer Gasbildung im Magen-Darm-Trakt mit anschliessenden Kolikerscheinungen führen (Meyer, 1991).

In Tabelle 5 sind die Angaben verschiedener Autoren über die Grenzwerte für die mikrobielle Belastung von Pferdefutter mit aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen dargestellt. In der Literatur konnten keine Aussagen über die produkttypischen und verderbnisanzeigenden Keime in Raufutter gefunden werden.

Tabelle 5: Grenzwerte für Beanstandungen mikrobieller Kontaminationen von Futtermitteln

Autoren	bakterieller Besatz (KBE/g)	Schimmelpilzbesatz (KBE/g)	Besatz mit Hefen (KBE/g)
Coenen und Kienzle (1992) ^a	$< 10^5$	$< 10^4$	$< 10^3$
Adler (2002) ^b	$< 10^7$	$< 10^4$	$< 10^3$
Sliwinski et al. (2005) ^c	$\leq 10^7$	$\leq 10^5$	$\leq 10^5$

^a Futtermittel für Pferde (Raufutter und Getreide)

^b Bakterien und Schimmelpilze: Heu und Emd für Rinder; Hefen: Grassilagen für Rinder

^c Raufutter für Pferde (Heu und Grassilage)

Für die Zukunft erscheint eine Bestimmung von Orientierungswerten für Indikatorkeime, wie sie für andere Futtermittel bereits existieren (Meyer et al., 2004), in Raufutter sinnvoll.

2.6. Lipopolysaccharide (LPS)

LPS sind Bestandteile der Zellwand gram-negativer Keime. Da bei der Produktion von Futtermitteln möglicherweise ein Absterben von Mikroorganismen stattfindet, kann die Bestimmung des LPS-Gehaltes als Indikator für Gesamtbelastung des Futters mit lebenden und toten gram-negativen Bakterien dienen (Kamphues, 1986).

Werden Endotoxine wie LPS oral über das Futter aufgenommen, sind bei gesunden Tieren mit intakter Darmschranke und physiologischer Darmflora keine gesundheitlichen Störungen

Einleitung

zu erwarten (Kamphues, 1986). Werden jedoch aufgrund eines Ungleichgewichtes genannter Strukturen verstärkt Endotoxine resorbiert, so kann dies eine schwerwiegende Schädigung des Organismus wie Abort oder Schock zur Folge haben (Kamphues, 1996). Da eine Resorption von Endotoxinen im Respirationstrakt stattfinden kann (Snell, 1966), stellen möglicherweise LPS-belastete Partikel in der Stallluft ein gesundheitliches Risiko für Pferde dar. Snell (1966) konnte in Kaninchen eine interstitielle Pneumonie durch Inhalation von LPS auslösen. Für einen Zusammenhang von LPS-belasteter Luft und Atemwegserkrankungen spricht auch der Bericht von Coenen und Kienzle (1992), in welchem Heu- und Strohproben, die mit einem Vorbericht zur Untersuchung ans Institut gelangten, auf hygienische Mängel untersucht wurden. Die Proben mit dem Vorbericht „Atemwegserkrankung“ wiesen im Vergleich zu den Resultaten aus Feldstudien von Küstermann (1989) stark erhöhte LPS-Gehalte auf. Die Studien von Fimmen (1987) und Küstermann (1989) zeigten ebenfalls, dass im Feinanteil des Futters eine deutlich höhere LPS-Konzentration existiert als in übrigen Teilen des Futters. Somit kann die vermutete ätiologische Bedeutung von Heustaub bei der Entstehung allergischer Lungenkrankheiten, wie schon an anderer Stelle erwähnt, als wahrscheinlich betrachtet werden.

Weitere Zusammenhänge fanden sich zwischen Resultaten der Sinnesprüfung, Keimzahl der Futtermittel, Strohsorte, sowie Trocknungszeit von Heu und LPS-Gehalt (Küstermann, 1989; Kamphues et al., 1991).

Küstermann (1989) verglich die Resultate der Sinnesprüfung mit den LPS-Konzentrationen der Futtermittel: Bei massiven Abweichungen in der Sinnesprüfung waren in der Regel die LPS-Gehalte erhöht. In wenigen Ausnahmefällen korrelierten die Ergebnisse dieser zwei Untersuchungen nicht, wobei von makroskopisch sichtbaren Schimmelpilzen produzierte antimikrobielle Substanzen als Ursache vermutet wurden.

Bakterielle Kontamination und LPS-Gehalt von Futtermitteln wurden von Kamphues et al. (1991) in Bezug gebracht. In beinahe 60 % der Futterproben, welche einen LPS-Gehalt von über 25 µg/g Futter aufwiesen, fand sich ebenfalls eine hohe Belastung mit Bakterien. Auf der anderen Seite konnten in ungefähr 20 % der Proben mit erheblicher bakterieller Kontamination nur geringe LPS-Konzentrationen gefunden werden. In diesen Fällen liessen sich hauptsächlich gram-positive Keime finden. In weiteren 15 % der untersuchten Futtermittel konnten nur geringe Bakterienzahlen bei hohen LPS-Gehalten nachgewiesen werden. Dies wurde auf die Zerstörung der vermehrungsfähigen Keime bei der Produktion der Futtermittel zurückgeführt.

Einleitung

Küstermann (1989) verglich die LPS-Belastung verschiedener Strohsorten. Stroh aus Sommergetreide (hier: Hafer und Gerste) wies im Mittel geringere LPS-Werte auf als solches aus Wintergetreide (hier: Weizen und Roggen).

Die Trocknungszeit von Heu und der LPS- Gehalt wurden ebenfalls von Küstermann (1989) gegenübergestellt. In Gras und kurz (drei Tage) getrocknetem Heu traten nur geringe LPS-Konzentrationen auf, während mit der Verlängerung der Trocknungsperiode (sechs bzw. neun Tage) die LPS-Gehalte signifikant stiegen. Beeinflusst wurden die Werte auch durch die Anfangstrockensubstanz des Grünfutters. Heu aus jungem, wasserreichem Grünfutter (vor dem Ährenschieben; TS: 21.3 %) wies nach der Trocknungszeit von sechs bzw. neun Tagen einen signifikant höheren LPS-Gehalt auf, als Heu aus Grünfutter eines späteren Stadiums (in Blüte; TS: 35.7 %).

Diese Beziehungen müssen bei der Beurteilung gemessener LPS-Konzentrationen berücksichtigt werden. Dazu kommt die Tatsache, dass Futtermittel mit einer hohen LPS-Belastung häufig noch andere hygienische Mängel aufweisen (Kamphues, 1986). Darum können denkbare gesundheitsschädigende Folgen häufig nicht auf einen einzigen Faktor zurückgeführt werden.

Möglicherweise finden sich in der Literatur aus diesem Grund verschiedene Daten über LPS-Gehalte in Futtermitteln, wie Tabelle 6 zeigt.

Tabelle 6: Anhaltswerte für den LPS- Gehalt von Futtermitteln

Autoren	normal ($\mu\text{g/g}$)	deutlich erhöht ($\mu\text{g/g}$)
Coenen und Kienzle (1992)	< 20	> 60
Kamphues (1996)	< 35	>100

Die Mittelwerte für Heu (33.9 $\mu\text{g LPS/g}$ Futter) und Stroh (36.3 $\mu\text{g LPS/g}$ Futter), die Küstermann (1989) in einer Feldstudie bestimmte, liegen im normalen oder leicht erhöhten Bereich gemäss den Daten in der Tabelle 6.

2.7. Deoxynivalenol (DON)

Deoxynivalenol (DON, Vomitoxin) wurde im Jahre 1972 zum ersten Mal von Morooka et al. (1972) isoliert. Seit dieser Entdeckung wurden viele Publikationen, die sich mit den Eigenschaften, dem Vorkommen und der Nachweisbarkeit dieses Mykotoxins befassen, veröffentlicht (SCF, 1999; D'Mello et al., 1999, Krska et al., 2001). Aus diesem Grund wird im Folgenden hauptsächlich auf die neuere Literatur eingegangen.

DON gehört zu der Gruppe der Trichothecene und wird hauptsächlich von Fusarien (z.B. *F. graminearum*, *F. culmorum*), den wichtigsten toxinbildenden Schimmelpilzen in klimatisch gemäßigten Zonen, produziert. Fusarien sind Feldpilze, welche Getreide wie Weizen und Mais, aber auch andere Pflanzen bereits während des Wachstums befallen können (D'Mello und Macdonald, 1997; D'Mello et al., 1999). Das Wachstum der Pilze wird durch die ökologischen Gegebenheiten am Standort, wie z.B. Niederschläge und Temperatur, beeinflusst (Böhm, 1989). Newman und Raymond (2005) berichteten, dass eine nasse Wachstumsperiode, gefolgt von kühlem Wetter das Vorkommen von Fusarien und ihren Toxinen in Getreide begünstigt. Fusarien zählen zwar zu den mesophilen Pilzen (Wachstumsoptimum 22-28 °C), nach Orth (1981) werden Fusarientoxine jedoch häufig nicht im optimalen Temperaturbereich für das Pilzwachstum gebildet, sondern unter kälteren Bedingungen. Greenhalgh et al. (1983) berichteten jedoch von doppelter DON- Produktion bei 28 °C verglichen mit der Produktion bei 25 °C. Thalmann (1989) kam zu dem Schluss, dass die Produktion von Fusarientoxinen über einen weiten Temperaturbereich möglich ist. Eine rötliche Verfärbung des Korns gibt einen Hinweis auf eine Kontamination mit Fusarien (Schwadorf, 1995).

Trichothecene sind charakterisiert durch eine 12,13-spiroepoxy-Sesquiterpenoid-Grundstruktur. Bis heute sind etwa 170 unterschiedliche Trichothecene bekannt, die sich anhand ihrer funktionellen Seitenketten in vier Gruppen (Typ A-D) einteilen lassen (Krska et al., 2001). Typ B Trichothecene (Abb. 1), zu welchen auch DON zählt, sind charakterisiert durch eine Carbonylgruppe an C-8 (Schwadorf, 1995; Krska et al., 2001; Spindelböck, 2004). DON zeichnet sich durch folgende chemischen Eigenschaften aus:

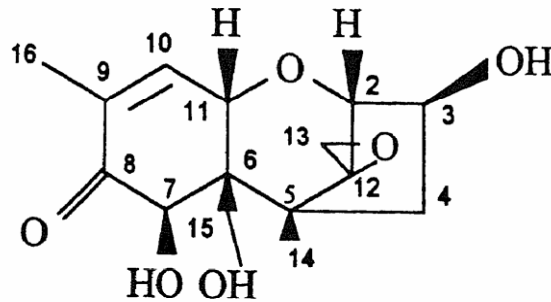


Abbildung (1): Strukturformel von Deoxynivalenol (nach Rotter et al., 1996)

DON ist ein sehr stabiles Molekül, welches weder durch Mahlprozesse, Erhitzung und Lagerung, noch durch andere Massnahmen in der Futtermittelproduktion zerstört wird (SCF, 1999). Aus diesem Grund kann es als Indikator für das Vorkommen weiterer Mykotoxine bestimmt werden (Rotter et al., 1996). DON kann selbst gesundheitsschädigende Wirkungen ausüben. Es hindert die Proteinbiosynthese auf ribosomaler Ebene (Corrier, 1991). Schweine reagieren besonders empfindlich auf DON. Schon ab 1-2 mg DON/kg Futter konnten eine reduzierte Futteraufnahme und eine verminderte Gewichtszunahme beobachtet werden (Trenholm et al., 1984; Prelusky et al., 1994). Dies wird auf eine möglicherweise verstärkte Serotonin-Aktivität im Gehirn zurückgeführt (Smith et al., 1997). Des Weiteren werden DON immunverändernde Eigenschaften zugeschrieben. Rotter et al. (1996), Pestka et al. (2004) sowie Surai und Dvorska (2005) vermuteten dosisabhängige immunstimulierende oder immunsuppressive Wirkungen. Daher könnte DON Funktionen der Makrophagen stimulieren oder unterdrücken. In Mäusen kann die Aufnahme von DON zu einer Glomerulonephritis infolge Überproduktion von IgA und nachfolgender Ablagerung dieser Komplexe in der Niere führen (Dong und Pestka, 1993).

Immunsuppression und eine erhöhte Empfänglichkeit für infektiöse Erkrankungen sind auch nach Rotter et al. (1994) die hauptsächlichen Auswirkungen von chronischer Belastung mit kleinen Mengen an Mykotoxinen der Trichothecen-Gruppe.

Bislang wurden nur wenige Untersuchungen über die möglichen negativen Auswirkungen von DON-belastetem Futter auf Pferde durchgeführt. Johnson et al. (1997) fütterten Pferden während 40 Tagen mit DON-kontaminierter (36-44 ppm) Gerste. Sie konnten weder bei der Futteraufnahme, noch in der Hämatologie, der Blutchemie oder dem IgA-Level negative Veränderungen feststellen. Im Gegensatz dazu berichteten Raymond et al. (2003a) von reduzierter Futteraufnahme und signifikant erhöhter Aktivität der γ -Glutamyltransferase (GGT) im Blut von Pferden, die mit einer Mischung (Weizen und Mais) von natürlich

kontaminiertem Getreide gefüttert wurden. Diese Mischung enthielt im Durchschnitt 15 ppm DON. Außerdem war das Futter mit weiteren Fusarientoxinen kontaminiert (0.8 ppm 15-Acetyldeoxynivalenol, 9.7 ppm Fusarinsäure (FA) und 0.2 ppm Zearalenon (ZEA)). Signifikant erhöhte GGT-Aktivität konnte nur an den Tagen 7 und 14 der Fütterung nachgewiesen werden, jedoch nicht an Tag 21. Dies deutet darauf hin, dass sich die Pferde möglicherweise an die Mykotoxin-Kontamination adaptiert haben könnten (Raymond et al., 2003a). Wurden die Pferde während der Fütterung mit der Fusarientoxin-kontaminierten Getreidemischung zusätzlich physisch belastet, konnte auch ein signifikanter Gewichtsverlust im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden (Raymond et al., 2003b). Die unterschiedlichen Resultate dieser Studien erklärten Newman und Raymond (2005) mit dem synergistischen Effekt von DON und FA (Smith et al., 1997), welcher in den Untersuchungen von Raymond et al. (2003a, b) eine Rolle spielen könnte.

In der Literatur konnten nur wenige Angaben über DON-Konzentrationen in Raufutter gefunden werden, obwohl mit Bedacht auf das verbreitete Vorkommen von DON in Getreide auch mit erheblichen Mengen in Stroh gerechnet werden muss. In einem Fallbericht konnten Gewichtsverlust, Leistungsabfall, sowie Erhöhung der Aktivität der Leberenzyme GGT und Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) bei Pferden in Zusammenhang gebracht werden mit der Mykotoxin-Kontamination der Stroh-Einstreu, welche ungeschützt auf dem Feld gelagert wurde (Zeyner et al., 2002). Die höchste Konzentration der gefundenen Mykotoxine (T-2, ZEA, Fumonisin, DON) wies DON mit 0.5 bis 2.7 ppm auf. Im Vergleich dazu führten DON-Konzentrationen im Stroh von 220 ppb bei Ferkeln, welche gestresst wurden (Absetzen, Hämophilus suis (HPS) Infektion), zu verminderter Leistung (Strickler und Spring, 2004). Wurden die Stressfaktoren eliminiert, konnten die Ferkel ohne nachteiligen Einfluss auf die Gesundheit dem kontaminierten Stroh ausgesetzt werden.

Einleitung

Raymond et al. (2000) untersuchten bodengetrocknetes Heu auf den Gehalt an verschiedenen Mykotoxinen (T-2, ZEA und DON). Auch hier wies DON mit 1.3 bis 3.6 ppm die höchsten Konzentrationen der gemessenen Toxine auf. Die subjektive Beurteilung der Proben anhand einer Sinnesprüfung korrelierte jedoch nicht mit den Resultaten der Mykotoxin-Analyse.

Da keine Grenzwerte für DON in Futtermitteln für Pferde bekannt sind, können sie nur mit den kritischen Werten im Futter für die empfindlichste andere Tierart verglichen werden. Die niedrigsten Orientierungswerte gelten für Schweine mit 1 ppm DON in der luftgetrockneten Futtersubstanz (Meyer et al., 2004). Für Wiederkäuer gelten höhere Orientierungswerte, da DON durch die Mikroorganismen in den Vormägen in ein wenig toxisches Produkt transformiert werden kann (King et al., 1984; Charmley et al., 1993; Rotter et al., 1996). Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass die Reaktionen der monogastrischen Tierarten Schwein und Pferd auf DON-Kontamination im Futter eher vergleichbar sind.

2.8. Literaturverzeichnis

ADLER A. (2002)

Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination.

8. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein

ALLI I., ROBIDAS E., NOROZOOZI E., BADER B. E. (1985)

Some Changes Associated with the Field Drying of Lucerne and Timothy.

Grass Forage Sci. 40, 221-226

BAILEY S. R., BAILLON M.-L., RYCROFT A. N., HARRIS P. A., ELLIOTT J. (2003a)

Identification of Equine Cecal Bacteria Producing Amines in an in vitro Model of Carbohydrate Overload.

Appl. Environ. Microbiol. 69, 2087-2093

BAILEY S. R., MARR C. M., ELLIOTT J. (2003b)

Identification and Quantification of Amines in the Equine Caecum.

Res. Vet. Sci. 74, 113-118

BAILEY S. R., MARR C.M., ELLIOTT J. (2004)

Current Research and Theories on the Pathogenesis of Acute Laminitis in the Horse.

The Vet. Journal 167, 129-142

BAILEY S. R., RYECROFT A., ELLIOTT J. (2002)

Production of Amines in Equine Cecal Contents in an in vitro Model of Carbohydrate Overload.

J. Anim. Sci. 80, 2656-2662

BÖHM K. H. (1989)

Entwicklungsbedingungen für toxinbildende Pilze.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 96, 339-341

Einleitung

BUDRAS K.-D., SCHEIBE K., PATAN B., STREICH W. J., KIM K. (2001)

Laminitis in Przewalski Horses Kept in a Semireserve.

J. Vet. Sci. 2, 1-7

CARROLL C. L., HAZARD G., COLOE P. J., HOOPER P, T. (1987)

Laminitis and Possible Enterotoxaemia associated with Carbohydrate Overload in Mares.

Equine Vet. J. 19, 344-346

CHARMLEY E., TRENHOLM H. L., THOMPSON B. K., VUDATHALA D.,

NICHOLSON J. W. G., PRELUSKY D. B., CHARMLEY L. L. (1993)

Influence of Level of Deoxynivalenol in the Diet of Dairy Cows on Feed Intake, Milk Production, and Its Composition

J. Dairy Sci. 76, 3580-3587

CHATTERTON N. J., HARRISON P. A., BENNETT J. H., ASAY K. H. (1989)

Carbohydrate Partitioning in 185 Accessions of Graminae Grown Under Warm and Cool Temperatures.

J. Plant. Physiol. 134, 169-179

COENEN M., KIENZLE E. (1992)

Beobachtungen zur hygienischen Beschaffenheit von Futtermitteln für Pferde in der tierärztlichen Ernährungsberatung.

Sonderheft Pferdeheilkunde 8, 209-212

COENEN M., VERVUERT I. (2002)

Risiko Gras - Realität oder übertriebene Befürchtung?

Pferdeheilkunde 18, 544-546

CORRIER D. E. (1991)

Mycotoxycosis: Mechanisms of Immunosuppression.

Vet. Immunology and Immunopathology 30, 73-87

Einleitung

DAHLHOFF S. (2003)

Fruchtangehalt im Gras von Pferdeweiden während der Weidesaison 2002.

Diss. med. vet., Hannover

DLG (1995)

Futterwerttabellen für Pferde.

3. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main

D'MELLO J. P. F., MACDONALD A. M. C. (1997)

Mycotoxins.

Anim. Feed Sci. Tech. 69, 155-166

D'MELLO J. P. F., PLACINTA C. M., MACDONALD A. M. C. (1999)

Fusarium Mycotoxins: a Review of Global Implications for Animal Health, Welfare and Productivity.

Anim. Feed Sci. Tech. 80, 183-205

DONAGHY D. J., FULKERSON W. J. (1998)

Priority for Allocation of Water-Soluble Carbohydrate Reserves during Regrowth of *Lolium perenne*.

Grass and Forage Sci. 53, 211-218

DONG W., PESTKA J. J. (1993)

Persistent Dysregulation of IgA Production and IgA Nephropathy in the B6C3F1 Mouse Following Withdrawal of Dietary Vomitoxin (Deoxynivalenol).

Fundam. & Appl. Tox. 20, 38-47

EDELMAN J., JEFFORD T. G. (1968)

The Mechanism of Fructosan Metabolism in Higher Plants as Exemplified in *Heliathus tuberosus*.

New Phytologist 67, 517-531

ELLIOTT J., BERHANE Y., BAILEY S. R. (2003)

Effects of Monoamines Formed in the Cecum of Horses on Equine Digital Blood Vessels and Platelets.

Am J. Vet. Res. 64, 1124-1131

FIMMEN H. (1987)

Bestimmung des Lipopolysaccharidgehaltes in Futtermitteln durch den Lymulus-Amöbocyten-Lysat-Test.

Diss. med. vet., Hannover

FREVEL M. (1997)

Experimentelle Induktion einer bronchialen Hyperreagibilität durch Inhalation eines Schimmelpilz-Milben-Substrates beim Pferd.

Diss. med. vet., Hannover

FULKERSON W. J., DONAGHY D. J. (2001)

Plant-Soluble Carbohydrate Reserves and Senescence – Key Criteria for Developing an Effective Grazing Management System for Ryegrass-Based Pastures: a Review.

Austr. J. Exp. Agric., 41, 261-275

GARNER H. E., COFFMANN J. R., HAHN A. W., HUTCHESON D. P.,
TUMBLESOM M. E. (1975)

Equine Laminitis of Alimentary Origin: An Experimental Model.

Am. J. Vet. Res. 36, 441-445

GARNER H. E., MOORE J. N., JOHNSON J. H., CLARK L., AMEND J. F.,
TRITSCHLER L. G., COFFMANN J. R. (1978)

Changes in the Caecal Flora Associated with the Onset of Laminitis.

Equine Vet. J. 10, 249-252

GEDEK B. (1973)

Futtermittelverderb durch Bakterien und Pilze und seine nachteiligen Folgen.

Übers. Tierernährung 1, 45-56

Einleitung

GLOCKER A. (2003)

Literaturstudie zur quantitativen Schätzbarkeit der Mineralstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die computergestützte Ernährungsberatung beim Pferd.
Diss. med. vet., München

GRÄSSLER J., VON BORSTEL U. (2005)

Fructan Content in Pasture Grasses
Sonderheft Pferdeheilkunde 21, Equine Nutrition Conference Hannover, 75-76

GREENHALGH R., NEISH G. A., MILLER J. D. (1983)

Deoxynivalenol, Acetyldeoxynivalenol and Zearalenon Formation by Canadian Isolates of *Fusarium graminearum* on Solid Substrates.
Appl. Environ. Microbiol. 46, 625

HEHL G., MENGEL K. (1972)

Der Einfluß einer variierten Kalium- und Stickstoffdüngung auf den Kohlenhydratgehalt verschiedener Futterpflanzen.
Landwirtsch. Forsch., Sonderheft 27, 117-129

HENDRY G. (1987)

The Ecological Significance of Fructan in a Contemporary Flora.
New Phytologist 106, Suppl, 201-216

HOEBREGS H. (1997)

Fructans in Foods and Food Products, Ion-Exchange Chromatographic Method:
Collaborative Study.
J. AOAC Int. 80, 1029-1037

HOFFMAN R. M., WILSON J. A., KRONFELD D. S., COOPER W. L., LAWRENCE L. A., SKLAIN D., HARRIS P. A. (2001)

Hydrolyzable Carbohydrates in Pasture, Hay and Horse Feeds: Direct Assay and Seasonal Variation.
J. Anim. Sci. 79, 500-506

Einleitung

HUNTINGTON P., POLLITT C. C. (2002)

Nutrition and the Equine Foot.

Proc. 2002 Equine Nutrition Conf. Kentucky Equine Research, Lexington, 149-162

HUNTINGTON P., POLLITT C.C. (2005)

Nutrition and the Equine Foot.

in: Advances in Equine Nutrition III, Kentucky Equine Research Inc., 30-32

JOHNSON P. J., CASTEEL S. W., MESSER N. T. (1997)

Effect of Feeding Deoxynivalenol (Vomitoxin)-Contaminated Barley to Horses.

J. Vet. Diagn. Invest. 9, 219-221

KAMPHUES J. (1986)

Lipopolysaccharide in Futtermitteln - mögliche Bedeutung, Bestimmung und Gehalte.

Übers. Tierernährung 14, 131-156

KAMPHUES J. (1996)

Risiken durch Mängel in der hygienischen Beschaffenheit von Futtermitteln für Pferde.

Pferdeheilkunde 12, 326-332

KAMPHUES J., COENEN M., KIENZLE., PALLAUF J., SIMON O.,

ZENTEK J. (2004)

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung

10. Aufl., Verlag M. und H. Schaper, Alfeld- Hannover

KAMPHUES J., FIMMEN H., KÜSTERMANN S., MEYER H. (1991)

Lipopolysaccharides in Feedstuffs for Horses.

J. Equine Vet. Sci. 11, 36-41

KAMPHUES J., SCHULZE-BECKING M. (1992)

Milben in Futtermitteln - Vorkommen, Effekte, Bewertung.

Übers. Tierernährung 20, 1-38

Einleitung

KING R. R., McQUEEN R. E., LEVESQUE D., GREENHALGH R. (1984)

Transformation of Deoxynivalenol (Vomitoxin) by Rumen Microorganisms.

J. Agric. Food Chem. 32, 1181

KLEEGER A., KÜHBAUCH W. (1976)

Über den Abbau von Grasfruktosanen durch Laktobazillen aus Silage

Zentralblatt für Bakteriologie II 131, 398-404

KRSKA, R., BAUMGARTNER S., JOSEPHS R. (2001)

The State-of-the-Art in the Analysis of Type-A and -B Trichothecene Mycotoxins in Cereals.

Fresenius J. Anal. Chem. 371, 285-299

KÜHBAUCH W. (1977)

Die Nichtstrukturkohlenhydrate in Gräsern des gemäßigten Klimabereiches, ihre

Variationsmöglichkeiten und mikrobielle Verwertung.

Landwirtsch. Forsch. 31, 251-277

KÜHBAUCH W. G., VOIGTLÄNDER G., SPATZ G. (1978)

Gehalt an Nichtstrukturkohlenhydraten in Futterpflanzen aus verschiedenen Höhenlagen des nördlichen Alpenlandes und ihre Abhängigkeit von Klimabedingungen.

Wirtschaftseigene Futter 24, 177-186

KÜSTERMANN S. (1989)

Eine Feldstudie zum Hygienestatus von Pferdefuttermitteln unter besonderer

Berücksichtigung des Lipopolysaccharidgehaltes.

Diss. med. vet., Hannover

LONGLAND A. C., CAIRNS A. J. (2000)

Fructans and their Implications in the Aetiology of Laminitis.

3rd International Conference on Feeding Horses, Dodson & Horell Ltd., 52-55

LONGLAND A. C., CAIRNS A. J., HUMPHREYS M. O. (1999)

Seasonal and Diurnal Changes in Fructan Concentration in *Lolium perenne*: Implications for the Grazing Management of Equines Pre-Disposed to Laminitis.

16. Proc. Equine Nutr. Physiol. Soc., 258-259

LONGLAND A. C., MURRAY J. M. D. (2003)

Effect of Two Varieties of Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*) Differing in Fructan Content on Fermentation Parameters in vitro when Incubated in vitro with a Pony Faecal Inoculum.

18. Proc. Equine Nutr. Physiol. Soc., 144-145

McGRATH D. (1988)

Seasonal Variation in the Water-Soluble Carbohydrates of Perennial and Italian Ryegrass under Cutting Conditions.

Irish J. Agric. Res. 27, 131-139

MEISTER E., LEHMANN J. (1984)

Art- und Sortenunterschiede der wichtigsten Futterleguminosen und Gräser in Bezug auf den Gehalt an Rohprotein, Rohfaser und leicht vergärbaren Kohlehydraten.

Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft 32, Nr. 11, 210-224

MELVIN J. F., SIMPSON B. (1963)

Chemical Changes and Respiratory Drift During the Air Drying of Ryegrass.

J. Sci. Food Agric. 14, 28-234

MERRY R. J., WINTERS P. I., MÜLLER M., MÜLLER T. (1995)

Degradation of Fructans by Epiphytic and Inoculated Lactic Acid Bacteria and by Plant Enzymes During Ensilage of Normal and Sterile Hybrid Ryegrass.

J. Appl. Bacteriology 79, 583-591

MEYER H. (1991)

Einfluss der Ernährung auf die Entstehung von Koliken (Verdauungsstörungen) beim Pferd

Tierärztl. Praxis 19, 515-520

MEYER H., COENEN M. (2002)

Pferdefütterung.

4. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin

MOROOKA N., URATSUJI N., YOSHITSAWA T., YAMAMOTO H. (1972)

Studies on the Toxic Substances in Barley Infected with *Fusarium* spp.

J. Food Hyg. Soc. Jpn. 13, 368-375

MÖSSELER A. K. (2004)

H₂- Exhalationsversuch zur Überprüfung pektin- bzw. inulinhaltiger Futtermittel auf die mikrobielle Darmaktivität beim Pferd.

Diss med. vet., Hannover

MÜLLER M., LIER D. (1994)

Fermentation of Fructans by Epiphytic Lactic Acid Bacteria.

J. Appl. Bacteriology 76, 406-411

MUNGALL B. A., KYAW- TANNER M., POLLITT C. C. (2001)

In vitro Evidence for a Bacterial Pathogenesis of Equine Laminitis.

Vet. Microbiol. 79, 209-223

NEWMAN K. E., RAYMOND S. L. (2005)

Effects of Mycotoxins in Horses.

in: Diaz D.; The Mycotoxin Blue Book, 57-76

NRC (1989)

Nutrient Requirements of Dairy Cattle.

6. Aufl., National Academy Press, Washington D. C.

OJIMA K., ISAWA T. (1968)

The Variation of Carbohydrates in Various Species of Grasses and Legumes

Can. J. Bot. 46, 1507-1511

Einleitung

ORTH R. (1981)

Einfluss physikalischer Faktoren auf die Bildung von Mykotoxinen.

in: Reiss D.; Mykotoxine in Lebensmitteln, 85-100

PAETKAU H. (1998)

Immunologische Reaktionen im Serum und Tracheobronchialsekret junger Pferde auf eine kontrollierte inhalative Belastung mit Schimmelpilzen und Milben im Anschluss an eine definierte körperliche Belastung.

Diss. med. vet., Hannover

PESTKA J. J., ZHOU H.- R., MOON Y., CHUNG Y. J. (2004)

Cellular and Molecular Mechanisms for Immune Modulation by Deoxynivalenol and Other Trichothecenes: Unraveling a Paradox.

Toxicology Letters 153, 61-73

POLLITT C. C., VAN EPS A. W. (2002)

Equine Laminitis: A New Induction Model Based on Alimentary Overload with Fructan.

Proc. Austr. Equine Vet. Assoc. Bain- Fallon Memorial Lectures, 96-97

POLLOCK C. J. (1986a)

Environmental Effects on Sucrose and Fructan Metabolism.

Curr. Topics Plant Biochem. Physiol. 5, 32-46

POLLOCK C. J. (1986b)

Fructans and the Metabolism of Sucrose in Vascular Plants.

New Phytologist 104, 1-24

POLLOCK C. J., JONES T. (1979)

Seasonal Patterns of Fructan Metabolism in Forage Grasses.

New Phytologist 83, 9-15

POLLOCK, C. J., CAIRNS A. J. (1991)

Fructan Metabolism in Grasses and Cereals.

Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42, 77-101

PRELUSKY D. B., GERDES R. G., UNDERHILL K. L., ROTTER B. A., JUI P. Y.,
TRENHOLM H. L. (1994)

Effects of Low- Level Dietary Deoxynivalenol on Haematological and Clinical Parameters of
the Pig.

Natural Toxins 2, 97-104

RADE C., SCHUBERTH H. J., LEIBOLD W., KAMPHUES J. (1996)

Immunologische Reaktionen junger Haflinger auf eine kontrollierte Belastung (oral/per
inhalationem) mit Schimmelpilzen und Milben.

Pferdeheilkunde 12, 333-337

RAP (1999)

Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer.

4. Aufl., Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen

RAYMOND S. L., HEISKANEN M., SMITH T. K., REIMANN M., LAITINEN S.,
CLARKE A. F. (2000)

An Investigation of the Concentrations of Selected Fusarium Mycotoxins and the Degree of
Mold Contamination of Field- Dried Hay.

J. Equine Vet. Sci. 20, 616-621

RAYMOND S. L., SMITH T. K., SWAMY H. V. L. N. (2003a)

Effects of Feeding a Blend of Grains Naturally Contaminated with Fusarium Mycotoxins on
Feed Intake, Serum Chemistry, and Hematology of Horses, and the Efficacy of a Polymeric
Glucomannan Mycotoxin Adsorbent.

J. Anim. Sci. 81, 2123-2130

Einleitung

RAYMOND S. L., SMITH T. K., SWAMY H. V. L. N. (2003b)

Effects of Feeding a Blend of Grains Naturally Contaminated with *Fusarium* Mycotoxins on Feed Intake and Indices of Athletic Performance of Horses.

J. Anim. Sci. 81 (Suppl. 1), 263-264

ROTTER B. A., PRELUSKY D. B., PESTKA J. J. (1996)

Toxicology of Deoxynivalenol (Vomitoxin).

J. Tox. Environ. Health 48, 1-34

ROTTER B. A., THOMPSON B. K., LESSARD M., TRENHOLM H. L., TRYPHONAS H. (1994)

Influence of Low-Level Exposure to *Fusarium* Mycotoxins on Selected Immunological and Hematological Parameters in Young Swine.

Fundam. & Appl. Tox. 23, 117-124

SCF (1999)

Opinion on *Fusarium* toxins. Part 1: Deoxynivalenol (DON)

SCHATZMANN U., GERBER H. (1972)

Untersuchungen zur Ätiologie chronischer Lungenkrankheiten des Pferdes.

Zentralblatt für Veterinärmedizin – Reihe A. 19, 89-101

SCHUBIGER F. X., BOSSHARD H.-R., LEHMANN J. (1998)

Nicht-strukturbildende Kohlenhydrate im Wiesenfutter.

Agrarforschung 5, 65-68

SCHWADORF K. (1995)

Pilzbesatz und Mykotoxine in Futtermitteln.

Diss. Naturwissenschaften, Hohenheim

SLIWINSKY H., KRABISCH P., ROSENBERGER E., SCHWARZ F. J. (2005)

Hygienic Quality of Different Forages and Concentrates for Horses.

Sonderheft Pferdeheilkunde 21, Equine Nutrition Conference Hannover, 26

SMITH D. (1968)

Carbohydrates in Grasses. IV. Influence of Temperature on the Sugar and Fructosan Composition of Timothy Plant Parts at Anthesis.
Crop Science 8, 331-334

SMITH T. K., McMILLAN E. G., CASTILLO J. B. (1997)

Effect of Feeding Blends of Fusarium Mycotoxin- Contaminated Grains Containing Deoxynivalenol and Fusaric Acid on Growth and Feed Consumption of Immature Swine.
J. Anim. Sci. 75, 2184-2191

SMOUTER H., SIMPSON R. J. (1989)

Occurrence of Fructans in the Graminae (Poaceae).
New Phytologist 111, 359-369

SNELL J. D. (1966)

Effects of Inhaled Endotoxin.
J. Lab. Clin. Med. 67, 624-632

SPINDELBOCK B. U. (2004)

Untersuchungen zum Vorkommen und zur Häufigkeit von Deoxynivalenol in Lebensmitteln.
Diss. med. vet., München

STRICKLER B. E., SPRING P. (2004)

Effect of Bedding with Mycotoxin Contaminated Straw and Low Levels of Dietary Mycotoxin on Piglet Performance.
J. Anim. Sci. 82 (Suppl. 1), 27-28

SURAI P., DVORSKA J. (2005)

Auswirkungen von Mykotoxinen auf Immunität und Antioxidationsysteme.
European Mycotoxin Seminar Series, Referate von Alltech's,
19. European Lecture Tour, 56-63

THALMANN A. (1989)

Bedingungen für die Bildung von Mykotoxinen in Futtermitteln.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 96, 341-343

TRENHOLM H. L., HAMILTON R. M., FRIEND D. W., THOMPSON B. K.,
HARTIN K.E. (1984)

Feeding Trials with Vomitoxin (Deoxynivalenol)-Contaminated Wheat: Effects on Swine, Poultry and Dairy Cattle.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 185, 527-531

TREVIÑO J., CENTENO C., ORTIZ L. T., CABALLERO R. (1995)

Changes in the Non-Structural Carbohydrates Associated with the Field Drying of Oat Forage.

J. Sci. Food Agric. 67, 393-397

VAN SOEST, P. J., R. H. WINE (1967):

Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. IV. Determination of Plant Cell-Wall Constituents.

J. Assoc. Offic. Anal. Chem., 50, 50-59

VIJN I., SMEEKENS S. (1999)

Fructan: More than a Carbohydrate?

J. Plant Physiol. 120, 351-359

WATTS K. A. (2004)

Forage and Pasture Management for Laminitic Horses.

Clin. Tech. Equine Pract. 3, 88-95

WEISS D. J., EVANSON O. A., GREEN B. T., BROWN D. R. (2000)

In vitro Evaluation of Intraluminal Factors that May Alter Intestinal Permeability in Ponies with Carbohydrate-Induced Laminitis.

Am. J. Vet. Res. 61, 858-861

Einleitung

WINTERS A. L., MERRY R. J., MÜLLER M., DAVIES D. R., PAHLOW G.,
MÜLLER T. (1998)

Degradation of Fructans by Epiphytic and Inoculant Lactic Acid Bacteria During Ensilage of Grass.

J. Appl. Microbiology 84, 304-312

WOLF P., COENEN M., KAMPHUES J. (2005)

A Survey on the Hygienic Standard of Feeds for Horses Associated with Diseases.

Sonderheft Pferdeheilkunde 21, Equine Nutrition Conference Hannover, 24-25

ZEYNER A. (1995)

Ermittlung des Gehalts an verdaulicher Energie im Pferdefutter über die
Verdaulichkeitsschätzung.

Übers. Tierernährung 23, 55-104

ZEYNER A., FISCHER U., LINDNER A. (2002)

Distinct Weight Loss and Elevated Hepatic Enzymes in Horses Caused by Straw
Contaminated with Deoxynivalenol (Case Report).

Proc. Vet. and Comp. Nutr. Soc., Antwerp, Belgium, 54

3. Manuskripte

Nährstoffgehalte und Eignung des Grundfutters zur Pferdefütterung

S. Nater, M. Wanner, B. Wichert

Institut für Tierernährung, Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich

Zusammenfassung

Für Schweizer Raufutter für Pferde liegen keine speziellen Nährstofftabellen vor. Aus diesem Grund wurden aus 46 Pferdehaltungsbetrieben in 22 Kantonen Grundfutterproben gesammelt (Heu, Stroh, Silage/Heulage und Grünfutter). Die Proben wurden grobsinnlich beurteilt und anschliessend in Bezug auf Nährstoff-, Mineralstoff- und Fruktangehalte untersucht. Keine der Proben konnte in Bezug auf die pferdegerechten Struktur als völlig ungeeignet bezeichnet werden. Die Rohproteingehalte im Schweizer Heu lagen im Mittel deutlich unter den Werten für Schweizer Wiederkäuerfutter und für Deutsches Pferdefutter. Die Gehalte der Mineralstoffe Calcium, Magnesium und Phosphor schwankten stark und lagen im Mittel ebenfalls unter den Vergleichswerten der Nährwerttabelle für Wiederkäuer. Die Silagen/Heulagen wiesen mit einer Ausnahme Trockensubstanz-Gehalte von über 40 % auf. Für Silagen/Heulagen mit so hohem TS-Gehalt wurden keine Vergleichswerte gefunden. Die Fruktangehalte in den Silagen/Heulagen sowie im Grünfutter schwankten stark und erreichten einen Maximalwert von 94.3 g/kg TS in Grünfutter.

Schlüsselwörter: Grundfutter, Pferd, Nährstoffe, Mineralien, Fruktan

Summary

No special tables related to nutrients for Swiss roughage for horses exist. For this reason samples of hay, straw, silage/haylage and green forage were taken from 46 horse keeping farms in 22 countries (Kantone). The samples were judged by sense and following the nutrient- and macromineral-content as well as the content of fructans were analysed. No sample was in its quality totally improper for horses. The middle contents of crude protein in Swiss hay for horses were clearly lower than in hay for ruminants and in German hay for horses. The mineral contents (calcium, magnesium, phosphorus) showed a wide range. In middle they were also lower than the values given in tables for ruminants. Except for one sample the silages/haylages showed a dry matter content of more than 40 %. No nutrient tables for silage or haylage, which are such high in dry matter contents, were found. The contents of fructans in silage/haylage and green forage also showed a wide range with a maximum of 94.28 g/kg DM fructan.

Key words: forage, horse, nutrients, minerals, fructans

Einleitung

Das Raufutter stellt in der Ernährung des Pferdes den wichtigsten Bestandteil dar. Es gibt in der Schweiz jedoch keine speziellen Nährwerttabellen für Raufutter für Pferde, so dass für Rationsberechnungen nur Vergleichswerte aus den Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP, 1999) oder den Futterwerttabellen für Pferde der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG, 1995) verwendet werden können.

Die Gehalte des Raufutters hängen stark von der botanischen Zusammensetzung und dem Entwicklungsstadium der Pflanzen ab. Ebenso haben Düngung (zugeführte Elemente, Menge und Häufigkeit), Bodenbeschaffenheit (chemische und physikalische Eigenschaften), Klima (Niederschlag, Temperatur, Licht) und Konservierung (Silage, Dürfutter) einen Einfluss. Nach RAP (1999) können Dürfutter-Mischbestände je nach Zusammensetzung in vier Kategorien eingeteilt werden: gräserreich (Typ G > 70 % Gräser), ausgewogen (Typ A 50-70 % Gräser), leguminosenreich (Typ L > 50 % Leguminosen) und kräuterreich (Typ K > 50 % Kräuter oder Kräuter und Leguminosen zusammen). Dominieren in gräserreichen bzw. ausgewogenen Mischbeständen die Raigräser, dann werden diese speziell bewertet und mit G_R bzw. A_R bezeichnet. Höhere Anteile an Kräutern und Leguminosen sorgen v.a. in jungem Futter für hohe Energie- und Proteinwerte bei einem geringen Strukturanteil (RAP, 1999). Bei einer Verfütterung an Pferde kann dadurch das Kaubedürfnis der Tiere nicht befriedigt werden und durch die hohe Energieaufnahme besteht die Gefahr von Übergewicht. Ein gräserreicher Mischbestand (Typ G) verheisst einen geringeren Rohprotein- und einen verhältnismässig höheren Rohfaseranteil. Mit zunehmendem Pflanzenalter nimmt der Rohfasergehalt zu, während Energiegehalt und Verdaulichkeit abnehmen. Die optimale Erntezeit liegt in der Gräserblüte, also später als bei der üblichen Heugewinnung für Milchvieh (Meyer und Coenen, 2002). Wird Pferdeheu grobsinnlich beurteilt, muss somit der Schwerpunkt auf die strukturelle Beschaffenheit des Futters gelegt werden.

Weitere Informationen über die Struktur liefert der Aufschluss der Nahrungsfasern nach van Soest (1967) in Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), Acid Detergent Lignin (ADL). NDF enthält sämtliche Zellwandbestandteile inkl. durch mikrobielle Enzyme im Blinddarm abbaubare Stoffe (wie z. B. Hemicellulose und Cellulose). Die ADL-Fraktion hingegen besteht aus dem nahezu völlig unverdaulichen Lignin. Über ADL und den Anteil von ADL an ADF erhält man genauere Werte zur Abschätzung der Rohfaser-Verdaulichkeit des Futters und damit über den Gehalt an verdaulicher Energie (Zeyner, 1995). Eine allgemein gültige Formel zur Abschätzung der verdaulichen Energie in Rationen mit hohem

Anteil an fermentierbaren Fasern existiert jedoch nicht (Zeyner und Kienzle, 2002). Da NDF-Anteile mit dem Lignin-Gerüst verknüpft sind, nimmt mit Zunahme des Lignin-Anteils auch die Verfügbarkeit der mikrobiell abbaubaren Zellwandbestandteile ab. Nach van Soest (1967) stellt die NDF-Fraktion als Summe der strukturierten Rohkohlenhydrate den Gesamtfasergehalt des Futters dar.

Der Mineralstoffgehalt des Raufutters beeinflusst die Beurteilung und die Gestaltung der Gesamtration, wobei der Calcium (Ca)- und Phosphor (P)-Gehalt eines Futters von besonderem Interesse ist. Das optimale Ca/P- Verhältnis von 1:1 bis 3:1 in einer Ration kann durch Schwankungen im Raufutter gestört werden (Meyer und Coenen, 2002). Im für die Pferdefütterung relevanten Stadium 6 (Blüte) fehlen jedoch in den Schweizer Tabellen die Angaben für Mineralstoffe.

Zurzeit werden in Reiterkreisen häufig die Fruktangehalte in Weidegras als Auslöser für Hufrehe diskutiert (Longland und Cairns, 2000). Fruktane gehören zu den im Dickdarm rasch fermentierbaren Kohlenhydraten (Hoffman et al., 2001). In Graminae (Süßgräser) der gemässigten Zone werden Fruktane als Reservekohlenhydrate gebildet. Leguminosen speichern im Vergleich zu diesen Gräsern nur wenig Fruktane (Meister und Lehmann, 1984). In Deutschland wurde der Fruktangehalt im Gras von Pferdeweiden bestimmt, wobei selbst mit dem gefundenen Höchstwert von 81.6 g/kg TS eine Auslösung von Hufrehe als sehr unwahrscheinlich erachtet wurde (Dahlhoff, 2003). Die Trocknung von Grünfutter bewirkt einen signifikanten Abfall der Konzentration löslicher Kohlenhydrate (Treviño et al., 1995). Die Bestimmung des Fruktangehaltes in Heu ist aus diesem Grund nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

Unter den am Institut für Tierernährung eingesandten Pferdefutterproben findet sich häufig zu feines, nicht zur Fütterung an Pferde geeignetes Raufutter, welches vermutlich für die Milchviehfütterung produziert worden war. Gleichzeitig berichten Pferdebesitzer, häufig extensiv produziertes Oekoheu zu verfüttern. Ziel dieser Arbeit war es daher, Informationen über in der Pferdefütterung verwendetes Grundfutter in der Schweiz zu gewinnen, sowie Fragen und Vermutungen hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit Wiederkäuerfutter in Bezug auf Nährstoff- und Mineralstoffgehalt zu beantworten. Ausserdem sollten die Fruktangehalte in Schweizer Grünfutter analysiert werden.

Material und Methoden

Es wurden 46 Betriebe mit Pferdehaltung in 22 Kantonen besucht. Bei der Auswahl der Betriebe wurde die Verteilung der Pferdepopulation in der Schweiz berücksichtigt (SBV, 2004). Darüber hinaus wurde besonderer Wert auf ein möglichst breites Nutzungs- und Haltungsspektrum gelegt. Insgesamt wurden 150 Raufutterproben gesammelt.

Die Proben wurden einer Sinnenprüfung unterzogen, wobei die Parameter Griff, Geruch, Farbe und Verunreinigungen beurteilt wurden (Tab. 1). Dabei wurde auch die hygienische Qualität des Futters beurteilt, welche in einer weiteren Veröffentlichung beschrieben wird (in Bearbeitung).

Tabelle 1: Parameter der Sinnenprüfung in Bezug auf Futterwert bzw. Eignung für Pferde (ohne Hygieneparameter), modifiziert nach Kamphues et al., 2004

Parameter	Pferdegerechtes Heu/Stroh	Pkt (H/S)	Pferdegerechte Silage/Heulage	Pkt
Griff	Stängelreich	10/12	produkttypisch	
	wenig Blätter	5/5	günstig (>30% TS, Heulage >55% TS)*	6
	blattreich, weich, hoher Feinanteil	2/2	produkttypisch ungünstig	2
	kurz gehäckselt	0/0		
Geruch	aromatisch/typischer Strohgeruch	3/3	angenehm aromatisch-säuerlich bis fruchtig	17
	leichter Heu-/Strohgeruch	1/1	Spuren v. Buttersäure, leichter Röstgeruch	12
	flach	0/0	mässig Buttersäure, intens. Röstgeruch	6
			stark Buttersäure, Ammoniak	2
Farbe	kräftig grün/gelb	5/3	produkttypisch	2
	grün- gelb (Heu)	3/-	leichte Abweichungen	1
	stark ausgebleichen	1/1	entfärbt, giftig grün	0
Verunreinigungen	makroskopisch frei	2/2	frei, geringe Sand- Erdbeimengungen	3
	geringe Sand-/Erdbeimengungen	1/1	durchschnittlich Sand, Erde	0
	Höherer Sand-/Erdanteil	0/0	frei, wenig Unkraut	2,1
Beurteilung	20-17: + + gut +/- befriedigend (-) mässig - schlecht	8-6: (-) 5/4: -bis (-) 3-0: -	30-27: + 26/25: +/- bis + 24-21: +/- 20/19: (-) bis +/-	18-16: (-) 15/14: -bis (-) < 13: -

*) Schätzung des TS-Gehaltes durch Pressen bzw. Wringen von Hand (nach Kamphues et al., 2004)

Die Rohnährstoffe wurden nach den Vorschriften der Weender Analyse (Naumann und Basler, 1976) bestimmt. Die Auftrennung der Gerüstsubstanz in NDF, ADF und ADL erfolgte nach van Soest (1967).

Zur Bestimmung der Mineralstoffe Ca, Magnesium (Mg) und P wurde Rohasche (RA) in 8%iger Salzsäure (HCl) gelöst und 1:10 verdünnt. Anschliessend erfolgte die Untersuchung mit dem automatischen Analysegerät Cobas Mira (Fa. Roche Schweiz) durch einen Farbstest (Ca und Mg) oder einen UV- Test (P). Die Natrium (Na)- und Kalium (K)-Konzentrationen wurden durch Flammenphotometrie (IL 243, Instrumentengesellschaft AG, Schweiz) bestimmt.

Für die Fruktanbestimmung wurden Gras und Grassilagen lyophilisiert (Benchtop 2K, Fa. Virtis, USA), gemahlen (0.5 mm Sieb, Ultra-Zentrifugalmühle ZM1, Fa. Retsch, Deutschland) und anschliessend bei -20 °C eingefroren. Die Fruktangehalte wurden mittels eines enzymatischen Testsatzes (Megazyme[®], Fa. Megazyme, Irland) bestimmt.

Um Herkunft, regionale Unterschiede und allfällige Zusammenhänge zwischen Nutzung und Futterqualität erkennen zu können, wurden die Stallbesitzer mittels eines 2-teiligen Fragebogens befragt. Im 1. Teil wurden betriebliche Daten wie Haltung, Nutzung und Alter der Pferde erfragt, wogegen der 2. Teil Fragen zum Futter (Produktion, Zukauf, Lagerung) und der Fütterung der Pferde beinhaltete.

Die Minimal- und Maximalwerte sowie der Median wurden berechnet. Zur Ermittlung der statistischen Abhängigkeit zweier Variablen wurden Pearson-Korrelationen berechnet (Systat[®] 11).

Ergebnisse

Von den besuchten 46 Betriebe lagen 24 auf einer Höhe von weniger als 600 m.ü.M. 13 Höfe befanden sich zwischen 600 und 800 m.ü.M. und neun auf über 800 m.ü.M. Das Spektrum der Betriebsformen reichte vom reinen Privatstall über Pensions- und Handelsställe bis zu Zucht- und Reitschulbetrieben und vielen Kombinationen der genannten Kategorien. Auch in der Nutzung der Pferde gab es vielfältige Variationen von Sport (Springen, Dressur, Fahren, Military, Western, Islandpferdesport, etc.) über Zucht bis zur Nutzung als Freizeitpferde. Die besuchten Betriebe hielten im Minimum zwei, im Maximum 170 Pferde. 24 Betriebe waren reine Pferdebetriebe, sechs hielten noch Rinder, vier Geflügel, je drei Esel und kleine Wiederkäuer. Ein Betrieb hielt zusätzlich Schweine und die übrigen fünf beherbergten mehrere Tierarten. Zehn der 22 Betriebe, die andere Tiere hielten, weideten diese getrennt

von den Pferden. In den übrigen Fällen erfolgte die Weidenutzung in drei Fällen gemeinsam mit den Pferden (Esel, Rinder, kl. Wiederkäuer) oder teilweise zusammen mit den Pferden (drei) und in sechs Betrieben wurden die Weideflächen abwechselnd von Pferden und anderen Tieren (Rinder, kl. Wiederkäuer, Schweine) belegt. Heu wurde von 24 Betrieben zumindest teilweise selbst produziert, neun davon produzierten u.a. Oekoheu. Zehn Betriebe stellten Silage her und Stroh wurde auf 11 Höfen produziert. Von diesen Betrieben düngten neun die Futterflächen mit hofeigenem Dünger, weitere neun kombinierten hofeigenen und Kunstdünger, vier benutzten nur Kunstdünger und fünf verwendeten keinerlei Düngemittel.

Von den besuchten Betrieben kauften nur sechs kein Raufutter zu. Von den übrigen 40 kauften 19 ausschliesslich Futter aus der Schweiz, 15 aus der Schweiz und dem Ausland und sechs ausschliesslich aus dem Ausland. Betriebe, welche im Ausland Futter zukaufen, erwarben dies zu 36 % nur in Deutschland, zu 32 % ausschliesslich in Frankreich, ein Betrieb kaufte nur in Österreich, 8 % kauften Futter aus Deutschland und Österreich und 20 % berücksichtigten Deutschland und Frankreich. 13 Betriebe bezogen ausschliesslich Stroh aus dem Ausland. Dazu kauften drei Betriebe nur Heu, sieben Heu und Stroh und je ein Betrieb Heu und Silage bzw. Heu, Stroh und Silage aus dem Ausland.

Bei den als Einstreu und/oder Raufutter verwendeten Strohsorten hatte das Weizenstroh mit knapp 75 % der 47 Strohproben den grössten Anteil. 11 % der Proben waren Gerstenstroh, 4 % waren Roggenstroh, 6 % waren eine Mischung aus Weizenstroh und einer anderen Sorte (Hafer oder Gerste). Je eine Probe bestand aus Erbsenstroh und Rietheu. In vier der untersuchten Betriebe wurde kein Stroh verwendet.

Bei der grobsinnlichen Beurteilung der Futtermittel wurden 16 der 58 untersuchten Heuproben als „gut“ geeignet bezüglich ihrer pferdegerechten Struktur bezeichnet. Bei 38 Proben wurde die Eignung des Heus für Pferde als „befriedigend bis gut“ bezeichnet. Als „befriedigend“ wurde das Heu in zehn Fällen beurteilt, nur in vier als „mässig“. Keine Heuprobe musste bezüglich der pferdegerechten Qualität als „schlecht“ bezeichnet werden. Unter den 24 gesammelten Silage-/Heulageproben wurden 14 als „gut“ im Sinne von pferdegerecht befunden. Auch hier wurde keine Probe als „schlecht“ bezeichnet. Von den untersuchten Silage-/Heulageproben wurden sieben als „befriedigend bis gut“, eine als „befriedigend“ und zwei als „mässig“ beurteilt.

Die Verteilung der Schnittzeitpunkte von Schweizer Heu und Schweizer Silage/Heulage des 1. Schnittes zeigt Abbildung 1. Mit 57 % wurde der grösste Teil der Silage/Heulage vor dem 15. Juni geschnitten. Das Heu wurde mit 47.1 % in den meisten Betrieben zwischen dem 15. Juni und dem 30. Juni bereitet. Es gab keinen Betrieb, der nach dem 15. Juli noch

Silage/Heulage des 1. Schnittes herstellte. Nur zwei Betriebe produzierten nach dem 15. Juli noch Dürffutter des 1. Schnittes.

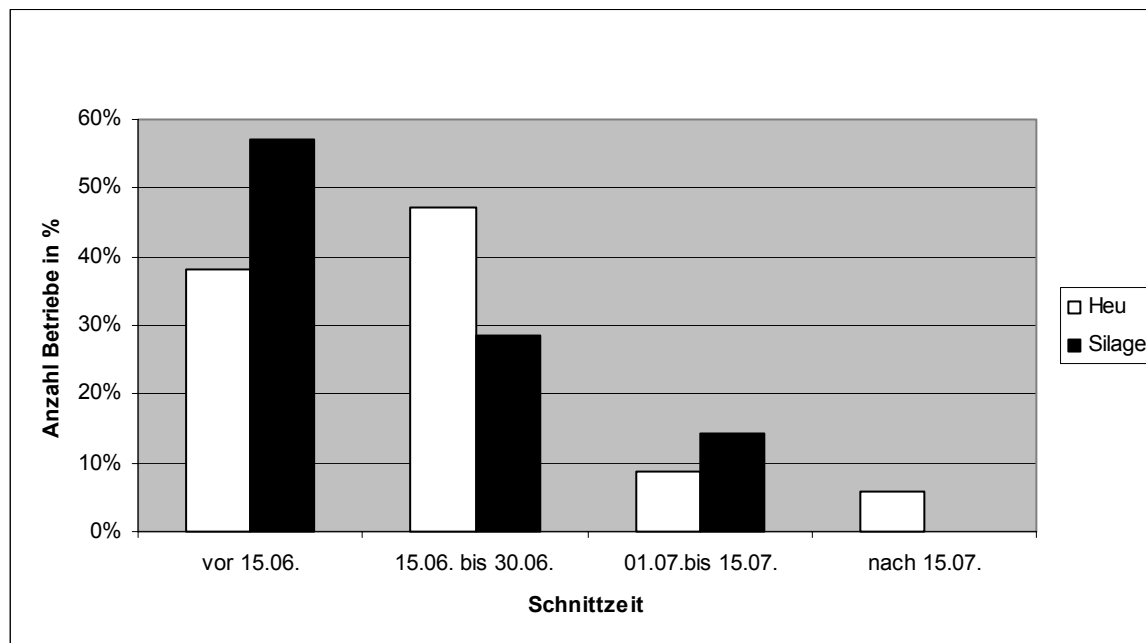


Abbildung 1: Prozentuale Verteilung der Schnittzeitpunkte für Schweizer Heu (n=34) und Silage/Heulage (n=14) des 1. Schnittes

Die Gehalte an Rohprotein (RP) in Schweizer Heu, wobei ein Drittel Oekoheu war, lagen zwischen 44.8 und 129.9 g/kg TS, wobei der Median 72.3 g/kg TS betrug. Das Heu hatte einen Rohfaser-Gehalt (RF) von 257.5 bis 386.1 g/kg TS. In Tabelle 2 wird auch die weitere Aufteilung in ADL (Lignin) und ADF (Cellulose, Lignin und Asche) angegeben. Auffallend war bei den Mineralstoffgehalten des Heus die grosse Variationsbreite des Ca-Gehaltes von 2.4 g/kg TS bis 13.2 g/kg TS Calcium (Tab.2).

Tabelle 2: Minimale, mediane und maximale Gehalte an Rohnährstoffen und Nahrungsfasern in Schweizer Heu (n=42) und Silagen (n=19), 1. Schnitt; Angaben in g/kg TS

		RA (Rohasche)	RP (Rohprotein)	RF (Rohfaser)	SF (Rohfett)	ADL (Acid Detergent Lignin)	ADF (Acid Detergent Fiber)	NDF (Neutral Detergent Fiber)
MIN	Heu	3.72	44.8	257.5	0.43	37.5	309.1	56.61
	Silage	5.52	63.6	233.4	0.29	55.3	310.0	44.24
MED	Heu	6.63	72.9	326	1.16	70.1	410	65.54
	Silage	8.24	96.8	310.3	1.37	69.0	398.8	62.32
MAX	Heu	11.11	129.9	386.1	2.23	170.7	641.2	87.51
	Silage	13.62	184.	375.6	2.78	102.8	482.9	71.84

Die Bestimmung des TS-Gehalts aller gesammelten Silagen/Heulagen ergab Werte zwischen 31 % und 83 %. Der Median erreichte einen Wert von 66 % TS. Die Gehalte an RP und RF in Silagen/Heulagen des 1. Schnittes wiesen mit Werten für RP von 63.6 bis 184 sowie für RF von 233.4 bis 375.6 g/kg TS ebenfalls eine weite Spannbreite auf (Tab.3).

Tabelle 3: Minimale, mediane und maximale Mineralstoffgehalte in Schweizer Heu (n=42) und Silage (n=19), 1. Schnitt; Angaben in g/kg TS

		Ca	P	Mg	K	NA
MIN	Heu	2.4	0.6	0.1	0.76	0.0
	Silage	3.5	0.9	0.9	0.89	0.0
MED	Heu	4.8	1.9	1.3	1.5	0.03
	Silage	7.2	2.4	1.9	2.09	0.03
MAX	Heu	13.2	3.0	2.8	2.55	0.12
	Silage	14.4	3.6	2.9	3.17	0.25

Der Fruchtangehalt der untersuchten Silagen/Heulagen variierte sehr stark, von 2.6 bis 37.8 g/kg TS. Der Median lag bei 11.2 g/kg TS. Eine noch ausgeprägtere Differenz zeigte sich zwischen dem minimalen und maximalen Fruchtangehalt im untersuchten Grünfutter. Der Minimalwert lag bei 8.7 g/kg TS und der Maximalgehalt bei 94.3 g/kg TS (Median 37.6 g/kg TS).

Bei der statistischen Prüfung wurden keine signifikanten Abhängigkeiten zwischen den Ergebnissen der Beurteilung bezüglich der pferderechten Qualität und den Faserfraktionen RF und NDF gefunden. Auch die statistische Prüfung der Abhängigkeit des Ca-Gehaltes von der Höhe ü. M. der Betriebe ergab keine signifikante Abhängigkeit. Tendenziell stiegen die Ca-Gehalte aber mit der Höhe an. Heuproben des 1. Schnittes, die aus Gegenden unter 600 m.ü.M. stammten, enthielten im Mittel 3.7 g Ca/kg TS (Median) bei einem Minimum von 2.4 g/kg TS und einem Maximum von 11.0 g/kg TS. Die Heuproben aus über 800 m.ü.M. erreichten einen Median von 6.8 g/kg TS, während das Minimum bei 3.6 g/kg TS und das Maximum bei 13.2 g/kg TS lagen. Ähnliche Ergebnisse resultierten nach der Prüfung der Abhängigkeit des Anteils an Nichtgräsern (Kräuter und Leguminosen) im Heu von der Höhe. Statistisch konnte bei den vorliegenden Proben kein gesicherter Zusammenhang festgestellt werden. Mit einem Median von 3.5 % an Nichtgräsern (NG) bei minimal 1 % und maximal 20 % NG in Heu, das von Flächen unter 600 m stammte, gegenüber einem medianen Wert von 11 % NG (min. 2 %, max. 28 % NG) in Heu von Flächen über 800 m ergab sich ein tendenziell steigender Anteil an NG mit zunehmender Höhe ü.M. Keinen Zusammenhang

ergab die Überprüfung einer möglichen Abhängigkeit der Gehalte an Ca, P und Mg in Schweizer Heuproben von der Düngung (ja/nein) der Anbauflächen.

Diskussion

Bei der Auswahl der Betriebe wurde auf eine möglichst weite Verteilung bezüglich Regionen, Betriebsformen, Nutzungszwecke und Betriebsgrößen geachtet. Die Anzahl und regionale Verteilung der Betriebe wurde aufgrund der Anzahl der Pferde pro Kanton festgelegt (SBV, 2004). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die vorliegende Arbeit gute Hinweise über die verwendeten Grundfuttermittel in der Schweiz gibt.

Ohne Einbezug der Hygiene wird keine der gesammelten Heu- und Silage/Heulageproben grobsinnlich als vollkommen ungeeignet für die Fütterung an Pferde beurteilt. Wie schon aus Abbildung 1 aufgrund der Schnittzeitpunkte vermutet werden kann, wird nur ein geringer Anteil an Oekoheu verwendet. Dies steht im Gegensatz zu ursprünglichen Vermutungen aus der Praxis.

Werden die Gehalte von Schweizer Dürrfutter des 1. Schnittes mit Werten aus den Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP, 1999) oder den Futterwerttabellen für Pferde der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG, 1995) verglichen (Tab. 4), so zeigt sich, dass die Werte denen für Heu in Stadium 5 oder 6 (RAP, 1999) je nach Höhe und tatsächlichem Schnittzeitpunkt (über 600 m.ü.M. werden die jeweiligen Stadien später erreicht) in etwa entsprechen. Allerdings liegt der Rohproteingehalt deutlich tiefer als im Wiederkäuerfutter (RAP, 1999). Auch im Vergleich mit deutschen Tabellen für Pferdefutter (DLG, 1995) sind die RP-Gehalte der untersuchten Heuproben eindeutig niedriger. Ein niedrigerer RP-Gehalt im Raufutter ist v.a. für Sportpferde durchaus erwünscht (Meyer und Coenen, 2002).

Bezüglich der Mineralstoffe liegen die gesammelten Proben unter den für Stadium 5 angegebenen Gehalten, wobei in den Nährwerttabellen für Wiederkäuer (RAP, 1999) für Stadium 6 keine Vergleichswerte angegeben werden. Der mittlere Ca-Gehalt liegt im Bereich des deutschen Vergleichswertes. Der P-Gehalt weicht jedoch deutlich von der DLG-Tabelle ab, die zudem keine Angaben über den Mg-Gehalt macht.

Tabelle 4: Gehalte an RA, RP, RF, SF, Ca, P, Mg, K und Na in Schweizer Heu des 1. Schnittes und Vergleichswerte aus der Literatur (RAP, 1999; DLG, 1995); Angaben in g/kg TS

	RA	RP	RF	SF	CA	P	MG	K	NA
RAP (1999)*	8.5	91	322	-	5.5	3.0	1.4	2.4	0.02
RAP (1999) ^x	8.0	82	359	-	-	-	-	-	-
eigene Werte	6.63	72.9	326	1.16	4.8	1.9	1.3	1.5	0.03
DLG (1995) [°]	8.0	101	313	2.3	5	4.2	-	-	0.6

*Stadium 5 (Ende Rispenschieben) für Dürrfutter aus gräserreichen Mischbeständen, 1. Aufwuchs

^x Stadium 6 (Blüte) für Dürrfutter aus gräserreichen Mischbeständen, 1. Aufwuchs

[°] Heu aus grasreicher Wiese, Beginn bis Mitte Blüte, 1. Aufwuchs

Nach Glocker (2003) scheinen diese Werte nicht immer die tatsächlichen Mineralstoffgehalte widerzuspiegeln. Auch in Schweizer Heuproben liegen die minimalen und maximalen Ca-Gehalte weit auseinander. Der Mineralstoffgehalt in Raufutter wird durch viele Faktoren beeinflusst. So können beispielsweise der Bodentyp, der Boden-pH-Wert und die Ca-Versorgung des Bodens, welche in starken Wechselwirkungen zueinander stehen, je nach Konstellation eine Variation von bis zu 70 % der Ca-Konzentration bewirken (Glocker, 2003). Die botanische Zusammensetzung des Futters beeinflusst den Ca- und Mg-Gehalt ebenfalls erheblich (mit steigendem Anteil an Kräutern und Leguminosen erhöhen sich auch die Ca- und Mg-Gehalte), während dieser Faktor nur geringen Einfluss auf die P-Konzentration hat (Glocker, 2003). Der Befund, dass mit zunehmender Höhe der Kräuter- und Leguminosenanteil und somit auch der Ca-Gehalt im Futter ansteigt (Dürrfutterenquôte, 2004), konnte statistisch nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise ist dafür die geringe Anzahl Proben aus über 1000 m.ü.M. verantwortlich, da doch eine Tendenz für einen höheren Nichtgräser-Anteil und Ca-Werte mit zunehmender Höhe sichtbar war. Der Schnittzeitpunkt (v.a. Abnahme der P-Konzentration mit zunehmendem Pflanzenalter) und die Anzahl Aufwüchse (v.a. Ca- und Mg-Zunahme mit Anzahl der Aufwüchse) sind ebenso zu berücksichtigen bei der Beurteilung des Mineralstoffgehaltes von Raufutter (RAP, 1999).

Die Gehalte der untersuchten Silagen/Heulagen können nicht mit Tabellenwerten verglichen werden, da bislang keine Vergleichswerte für Silagen mit einem TS-Gehalt von über 40 % existieren. Nur eine der 24 untersuchten Proben weist einen TS-Gehalt unter 40 % auf. Offensichtlich werden in Pferdebetrieben in der Schweiz heute bevorzugt sehr trockene Silagen/Heulagen verwendet, die mehrheitlich als Heuersatz für staubempfindliche Pferde dienen. Die überwiegend gute Beurteilung bezüglich der pferdegerechten Qualität und die

nur unwesentlich niedrigeren Gehalte an RF und NDF im Vergleich zu Heu lassen auf eine kaum schlechtere Eignung für die Beschäftigung der Pferde schliessen, sofern die Silagen/Heulagen genügend lang geschnitten sind. Da die Silagen/Heulagen oft früher als Heu geschnitten werden (Abb.1), liegen die mittleren Gehalte an RP und Mineralstoffen (Tab. 2 und 3) erwartungsgemäss höher als im Heu. Früh geschnittene Silagen/Heulagen könnten folglich besonders gut an Pferde mit erhöhtem Proteinbedarf, wie tragende und laktierende Stuten verfüttert werden.

Die Fruktangehalte der untersuchten Silagen/Heulagen erreichten maximal 37.8 g/kg TS, während die untersuchten Grünfutterproben bis 94.3 g/kg TS Fruktan enthielten. Eine sichere Auslösung von Hufrehe ist durch eine einmalige Verabreichung von 7.5 g/kg Körpergewicht (KGW) chemisch reinen Fruktans per Nasenschlundsonde möglich (Huntington und Pollitt, 2002, 2005; Pollitt und van Eps, 2002), während durch eine tägliche Fütterung von 1.5 g Fruktan/kg KGW neben der normalen Heuration keine Hufrehe ausgelöst werden konnte (Mösseler, 2004). Wenn ein Pferd mittlerer Grösse täglich 2.5 kg TS pro 100 kg KGW aufnimmt (GEH, 1994), so nimmt es bei einem maximalen Fruktangehalt von 94.3 g/kg TS im Weidegras 2.4 g Fruktan/kg KGW auf. Ob diese Menge zur Auslösung einer fütterungsbedingten Hufrehe führen kann, wird nicht ausgeschlossen, aber als sehr unwahrscheinlich erachtet. Dahlhoff (2003) ermittelte im Gras Deutscher Pferdeweiden einen maximalen Fruktangehalt von 81.6 g/kg TS und bezeichnete diese Menge als nahezu risikolos. Es ist zu bedenken, dass Pferde das Fruktan während des Grasens auf der Weide nur langsam aufnehmen und zur Freisetzung des Fruktans zunächst die pflanzlichen Zellwände aufgeschlossen werden müssen (Dahlhoff, 2003). Auch beeinflussen sehr viele Faktoren den Fruktangehalt im Grünfutter (Longland und Cairns, 2000). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Gras von beprobten Weiden unter anderen tages- oder jahreszeitlichen sowie klimatischen Bedingungen höhere oder niedrigere Fruktangehalte enthalten hätte. Inwieweit die Empfindlichkeit von Pferden auf Fruktane durch individuelle Faktoren wie z.B. eine vorgeschädigte Darmschleimhaut oder Huflederhaut beeinflusst wird, ist nicht bekannt. Darüber hinaus gibt es keine Erkenntnisse über mögliche Interaktionen der Fruktane mit zeitgleich aufgenommenen Nährstoffen im Dickdarm des Pferdes. Mit Sicherheit kann geraten werden, Raigras reiche Grasmischungen auf Pferdeweiden zu vermeiden, da Longland et al. (1999) in Englischem Raigras saisonal bis zu 400 g Fruktan/kg TS nachweisen konnten. Auch Grässler und von Borstel (2005) konnten bestätigen, dass Gräsermischungen, welche reich an Englischem und Italienischem Raigras sind, höhere Fruktangehalte aufweisen, als Mischungen, welche nur zu einem kleinen Teil aus den

genannten Arten bestehen. Leguminosen wie Weissklee dagegen speichern im Vergleich zu diesen Gräsern nur wenig Fruktane (Ojima und Isawa, 1968; Meister und Lehmann, 1984). Diese Beobachtung kann in zwei Fällen bestätigt werden. Von zwei Betrieben konnten je eine gräserreiche und eine leguminosenreiche Grünfutterprobe gewonnen werden. In beiden Fällen enthielten die leguminosenreichen Proben (25.2 bzw. 18.7 g/kg TS) deutlich weniger Fruktan als die gräserreichen (66.4 bzw. 33.2 g/kg TS).

Obwohl in dieser Studie keine Futtermittel gefunden wurden, die absolut ungeeignet zur Verwendung in der Pferdefütterung waren, sollte bei der Futterbeurteilung in der Praxis auf genügend langfaseriges Raufutter geachtet werden. Des weiteren sollte jeweils die botanische Zusammensetzung des Futters berücksichtigt werden. Diese kann Hinweise zur Abschätzung des Mineralstoffgehaltes einerseits und des Fruktangehaltes andererseits liefern. Beim Weidemanagement sollten die hohen Fruktangehalte der Pflanzen im Frühjahr (Budras et al., 2001) sowie im Herbst (Hoffman et al., 2001) berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

Dahlhoff S.: Fruktangehalt im Gras von Pferdeweiden während der Weidesaison 2002.

Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2003

DLG: Futterwerttabellen für Pferde, 3. Aufl., DLG- Verlag, Frankfurt am Main, 1995, 64

Dürrfutterenquête, 2004

GEH: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung des Pferdes. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 1994

Glocker A.: Literaturstudie zur quantitativen Schätzbarkeit der Mineralstoffgehalte von Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die computergestützte Ernährungsberatung beim Pferd. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2003

Grässler J., Von Borstel U.: Fructan content in pasture grasses. Sonderheft Pferdeheilkunde 21, Equine Nutrition Conference Hannover, 2005, 75-76

Hoffman R. M., Wilson J. A., Kronfeld D. S., Cooper W. L., Lawrence L. A., Sklain D., Harris P. A.: Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay and horse feeds: direct assay and seasonal variation. J. Anim. Sci. 2001, 79:500-506

Huntington P., Pollitt C. C.: Nutrition and the equine foot.

Proc. 2002 Equine Nutrition Conf. Kentucky Equine Research, Lexington, 2002, 149-162

Huntington P., Pollitt C.C. Nutrition and the equine foot.

in: Advances in Equine Nutrition III, Kentucky Equine Research Inc., 2005, 30-32

Kamphues J., Coenen M., Kienzle., Pallauf J., Simon O., Zentek J.: Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 10. Aufl., Verlag M. und H. Schaper, Alfeld- Hannover, 2004

Longland A. C., Cairns A. J.: Fructans and their implications in the aetiology of laminitis. 3rd International conference on feeding horses, Dodson & Horell Ltd., 2000, 52-55

Longland A. C., Cairns A. J., Humphreys M. O.: Seasonal and diurnal changes in fructan concentration in *Lolium perenne*: implications for the grazing management of equines pre-disposed to laminitis. 16. Proc. Equine Nutr. Physiol. Soc., 1999, 258-259

Meister E., Lehmann J.: Art- und Sortenunterschiede der wichtigsten Futterleguminosen und Gräser in Bezug auf den Gehalt an Rohprotein, Rohfaser und leicht vergärbaren Kohlehydraten. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft, 1984, 32:210-224

Meyer H., Coenen M.: Pferdefütterung. 4. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin, 2002

Mösseler A. K.: H₂- Exhalationsversuch zur Überprüfung pektin- bzw. inulinhaltiger Futtermittel auf die mikrobielle Darmaktivität beim Pferd. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2004

Naumann, C., R. Basler: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Band III des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- u. Forschungsanstalten (VDLUFA), VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1976, mit Ergänzungen von 1983, 1988, 1993 u. 1997

Ojima K., Isawa T.: The variation of carbohydrates in various species of grasses and legumes. Can. J. Bot., 1968, 46:1507-1511

RAP: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, 4. Aufl., Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen, 1999, 211-254

Treviño J., Centeno C., Ortiz L. T., Caballero R.: Changes in the non-structural carbohydrates associated with the field drying of oat forage. J. Sci. Food Agric., 1995 67:393-397

SBV: Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. 80. Jahreshft, 2004

Van Soest, P. J.: Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Anim. Science., 1967, 26:119-128

Judgement of hygienic quality of roughage in horse stables in Switzerland

S. Nater, B. Wichert, M. Wittenbrink, J. Bauer, P. Wolf, M. Wanner

Introduction

In line with a study on the adequacy of Swiss roughage for horse nutrition and its nutrient and mineral contents (Nater et al., projected) also the hygienic quality could be investigated. Horses seem to react very sensitive to dust and other impurities of hay and litter like moulds and mites. Reactions of the immune system as well as respiratory diseases were seen (Frevel, 1997; Paetkau, 1998). Also Coenen and Kienzle (1992) as well as Wolf et al. (2005) found in straw and especially in hay from horses with respiratory diseases a contamination with moulds.

Further lipopolysaccharides (LPS) can be analysed to get information about the hygienic quality of feedstuffs. LPS show the total exposure of a feedstuff with dead or living germs (Kamphues, 1986). Although the oral intake of exotoxins should do no harm to healthy animals, the inhalation of such particles is a health risk for horses (Kamphues, 1986). Coenen and Kienzle (1992) found high contents of LPS in hay and straw samples from stables where horses with respiratory diseases were kept. Studies of Küstermann (1989) and Fimmen (1987) showed that the LPS content in the fines of the feedstuffs was clearly higher than in the crude rest of the feed. This indicates that the dust from hay and straw can be part of the development of allergic respiratory diseases.

It was shown that there exists a strong correlation between a macroscopic examination and the LPS content of feedstuffs. That means hay with a judgement of “good hygienic quality” also shows only low LPS contents and the worse the hygienic quality is, the higher the LPS contents are (Küstermann, 1989). Further the LPS contents correlated negative with the time of drying of hay and positively with the microbial count of the feedstuffs (Küstermann, 1989, Kamphues, 1991). Only in rare cases if elevated LPS contents were found the microbial counts were low. This could be caused by a deterioration of the germs during the drying process of the feed (Kamphues et al, 1991).

In the context with the hygienic quality the mycotoxin content of the feedstuffs is discussed. Mycotoxins are formed by different fungi, field fungi or moulds. It is not known a lot about the effects of a single mycotoxin or a mix of those on horses (Newman and Raymond, 2005). Neither there are any ideas about the contents of mycotoxins in roughages for horses, especially in Switzerland. *Fusarium* fungi are the most important toxin creating field fungi in

a moderate climate (Schwadorf, 1995). They grow on grain and also on other plants (D'Mello and MacDonald, 1997; D'Mello et al., 1999). Fusarii produce the trichothecene group with deoxynivalenol (DON), T-2 toxin and diacetoxyscirpenol (DAS) as well as zearalenone and fumonisins. Although the optimum temperature for growth of *Fusarium* is between 22-28°C at lower temperatures toxin can be formed, too (Orth, 1981). An index for the growth of *Fusarium* is a red discolouration of the grain or stem (Schwadorf, 1995).

The trichothecene DON is often seen as indicator for the occurrence of other mycotoxins, as it is very solid during drying, heating and milling (SCF, 1999; Rotter et al. 1996). There exist very few studies on the effects of DON in horses. Johnson et al (1997) fed horses for a period of forty days with contaminated barley (36-44 ppm), but no adverse effects occurred. In opposite Raymond et al. (2003) found in horses fed with a mixture from wheat and maize the mycotoxins (Ø 15 ppm DON, 0.8 ppm acetyldeoxynivalenol, 9.7 ppm fusaric Acid, 0.2 ppm zearalenon) reduced the feed intake and increased the activity of γ -glutamyltransferase (GGT). Later in the same experiment the GGT activity was not significantly higher any more. This could be explained by an adaptation of the horses to the mycotoxin contamination (Raymond et al., 2003).

There exist only very few data on DON-contamination of roughage, although it can be assumed that straw from contaminated grain is also affected. In one case study it was described that horses showed depression of performance, loss of body weight as well as an increase in the activity of GGT and glutamate-dehydrogenase (GLDH). This was assumed to be caused by straw contaminated with mycotoxins (T2-toxin, zearalenon, fumonisin, DON). The content of DON was with 0.5-2.7 ppm the highest (Zeyner et al., 2002). Raymond et al. (2000) analysed hay on its content of different mycotoxins. Again the DON contamination was highest (1.3-3.6 ppm). These results showed no correlation to the results of macroscopic examination.

In the present investigation the roughage (hay and straw) was besides a sensitive analyses, the microbial count and a LPS analyse also analysed on its DON content. As DON seems to be a common mycotoxin and there exist commercial ELISA for an easy analyse. The data in total should give an idea on the hygienic status of horse roughagee in Switzerland.

Materials and Methods

46 horse farms all over Switzerland were visited. The distribution of the visited farms was done after the distribution of the horse population in Switzerland (SBV, 2004). Further a wide spectrum in form of horse-keeping and the usage of horses was kept in mind. 150 samples of roughage and forage were taken.

A macroscopic examination of the hygiene of all roughage samples was carried out. According to Meyer et al. (2004) the grasp of the roughage (dry, clammy) as well as the smell (typical, mouldy, rotten), colour and impurities were checked. The dry matter (DM) content of all roughages was determined. In the silages the pH was measured.

Microbial counts (aerobic germs, moulds and yeasts) were determined of all samples. In roughages the LPS contents were determined by a Limulus-Test (Kamphues, 1985) and the DON concentration was first determined by ELISA (Ridascreen fast[®]). Samples positive in this DON screening-test were reanalysed by liquid chromatography with mass spectrometry (Plattner and Maragos, 2003).

Median, minimum, maximum and in some cases means and standard deviation were calculated. Means were compared by Students t-Test. Correlations were calculated by Pearson correlation.

Results

The macroscopic examination of hay resulted in 22.4 % of the samples in a proper hygienic quality, 65.5 % showed slight deficiencies in hygiene and the rest (12.1 %) showed marked hygienic deficiencies. The proper hay quality showed bacterial counts from <100 CFU/g (colonie forming units) up to 1.9×10^6 CFU/g (Fig. 1). The median values (proper: 4.3×10^4 CFU/g; marked hygienic deficiencies 7.9×10^5 CFU/g) showed a tendency to higher bacterial counts, when marked hygienic deficiencies were seen in the macroscopic examination. In most of the hay samples, independent of the results of the macroscopic examination yeasts were found in microbial cultures. In all categories (proper, slight deficiencies and marked deficiencies) more than 80 % of the samples showed yeast counts over 1000 CFU/g, what is the limit for proper quality for hay for horses. Also no correlation between the macroscopic examination of hay and the counts of moulds could be seen. (Fig. 1).

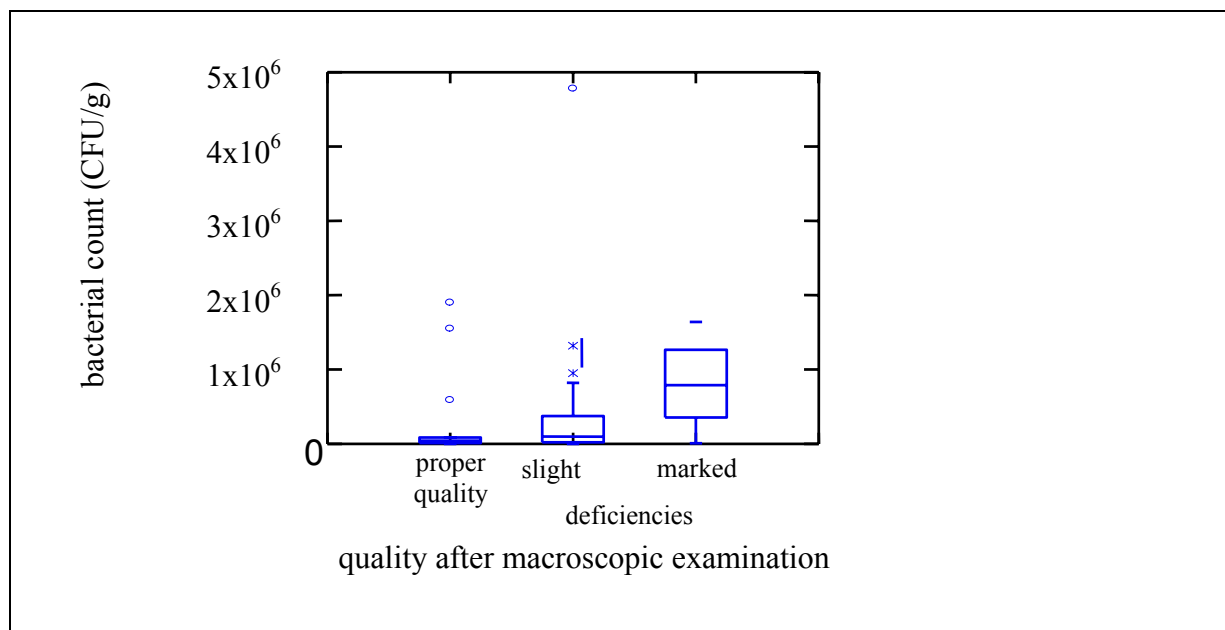


Fig. 1: microbial count at different hygienic qualities after macroscopic examination (proper hygienic quality, slight hygienic deficiencies, marked hygienic deficiencies) in hay (n=58)

The dry matter (DM) content of 24.1 % of the hay samples was lower than 86 %. Half of these samples had also high counts of bacteria ($<10^5$ CFU/g). Further in 30.9 % of the hay samples the LPS content was higher than the limiting value for LPS (35 $\mu\text{g/g}$; Kamphues, 1996) for a proper hygienic quality. 27.6 % of the hay samples that showed low counts of bacteria ($<10^5$ CFU/g) contained LPS in higher amounts than the limiting value. Also in hay with high bacterial counts only 34.6 % of the samples had LPS contents higher than the limit. In the macroscopic examination only one sample of straw was found that showed a proper quality, 68 % showed slight and 30 % marked hygienic deficiencies. Nevertheless nearly all of this samples (97.9 %) had a dry matter content of > 86 %. Again there was no strong correlation between the counts of bacteria, yeasts and moulds and the results of the macroscopic examination. Only a tendency of higher bacterial counts with more obvious macroscopic signs of low hygienic quality was found (tab. 1). In middle the LPS contents of the straw samples (median: 100 $\mu\text{g/g}$, max: 532 $\mu\text{g/g}$, min: 10 $\mu\text{g/g}$) were significantly higher in comparison to the hay (median: 31.6 $\mu\text{g/g}$, max: 562 $\mu\text{g/g}$, min: 10 $\mu\text{g/g}$). From the total analysed straw samples 75 % showed LPS contents higher than the limiting value (35 $\mu\text{g/g}$). From the 31 straw samples with bacterial counts from more than 10^5 CFU/g, 77.4 % also contained LPS higher than the limiting value of 35 $\mu\text{g/g}$.

Tabelle 1: Counts of bacteria, yeasts and moulds in straw showing different hygienic qualities in the macroscopic examination (slight or marked hygienic deficiencies); samples (bacteria, n=46; yeasts and moulds n=42)

	Bacteria (slight)	Bacteria (marked)	Yeasts (slight)	Yeasts (marked)	Moulds (slight)	Moulds (marked)
MIN	7.00E+03	2.40E+04	9.90E+01	9.90E+01	9.90E+01	3.00E+03
MAX	7.86E+08	1.18E+06	4.10E+06	2.67E+06	4.91E+06	6.13E+05
MED	5.73E+05	2.76E+05	8.63E+04	1.03E+05	2.00E+04	2.88E+04

In middle (median) the silages had a dry matter content of 65.8 %, whereas the maximum was 83.1 % and the minimum 31.1 %. The pH lay between 4.3 and 5.9 (median 5.5). There was a significant correlation between DM content and pH ($r=0.77$). The pH increased with increasing DM. In the macroscopic examination 70.8 % of the samples had a proper hygienic quality, 25 % showed slight and only one of the silages showed marked hygienic deficiencies. In the silages because of a laboratory accident not all samples could be analysed for yeasts and moulds. In the count of bacteria and moulds a tendency to higher counts with lower hygienic quality could be seen (tab. 2). No correlation could be seen between the DM content or the pH and the count of moulds or yeasts.

Table 2: Counts of bacteria, yeasts and moulds in silages showing different hygienic qualities in the macroscopic examination (proper hygiene or slight hygienic deficiencies); samples (bacteria, n=24; yeasts and moulds n=14)

	Bacteria (proper)	Bacteria (slightly)	Yeasts (proper)	Yeasts (slightly)	Moulds (proper)	Moulds (slightly)
MIN	3.00E+02	2.53E+04	9.90E+01	9.90E+01	9.90E+01	4.00E+03
MAX	4.61E+06	7.21E+05	9.47E+05	2.62E+06	2.20E+05	7.21E+05
MED	3.58E+04	1.07E+05	1.88E+04	8.06E+04	8.00E+02	3.18E+05

It was reported from 25 (54 %) of the visited horse farms that the horses had respiratory diseases or colics during the past year, in 8 of the farms only respiratory diseases were observed and in 7 farms only colics appeared, whereas in 10 farms both diseases were seen. There was no statistically firm correlation between the hygienic quality of the roughage and the appearance of diseases of the respiratory tract or the digestive tract.

In 17 % of the straw samples and in one hay sample some DON could be detected by ELISA–test (tab. 3). The reanalyses by liquid chromatography-MS/MS showed in most samples slightly lower results than the ELISA-test (tab. 3). Only in three samples with relatively high DON-contents the reanalyses resulted in little higher values (tab. 3).

Table 3: DON concentration (ppm) in feedstuffs (N°) measured by ELISA or LC-MS/MS

feedstuff	ELISA	LC-MS/MS
Straw 1	0.33	0.055
Straw 2	0.23	0.265
Straw 3	0.88	0.008
Straw 4	0.61	1.240
Straw 5	0.29	0.027
Straw 6	0.21	0.027
Straw 7	0.86	1.120
Straw 8	0.53	1.230
Hay 1	0.53	1.230

Discussion

Although 46 horse farms all over Switzerland were visited and the distribution of the visited farms was done after the distribution of the horse population in Switzerland (SBV, 2004) and a wide spectrum in form of horse keeping and the usage of the horses, this study can only give a rough idea about the hygienic quality of roughage fed to horses in Switzerland. To get a clear impression of this a greater number of farms would be needed.

The basic principle of an evaluation of the hygienic quality of feedstuffs is a macroscopic examination. In this study the majority of the hay samples show only slight hygienic deficiencies. In combination with the microbial count, only a tendency to higher bacterial counts in samples that showed marked hygienic deficiencies in the macroscopic examination could be seen. This could be explained with the low number of hay samples with marked hygienic deficiencies that were not very similar to each other. Some hays were worse also in the macroscopic examination than others. In contrast to that observation in the hays with

marked hygienic deficiencies the slight hygienic deficiencies often consisted only in a little soil or isolated insects. Therefore, there is no reason for higher microbial counts than in the proper hygienic quality. Further in the microbial count the bacteria were not investigated on different bacteria and mould species and there for indicator germs for deterioration after Gedeck (1995), e.g. bacillus species, penicillium species or aspergillus species, could not be judged. However, the difference between good and bad hygienic quality is too small to allow a judgement only by the microbial counts. The same was true in this investigation for the straw and the silages. These findings are in good agreement with the observations of Wichert et al. (1998) in silages.

A lot of hay samples had a lower DM content than 86 % and also microbial counts over the limiting value of good hygienic quality. This can be explained easily because a lower DM produces no solid conservation (Meyer und Coenen, 2004). Especially in many of the straw samples high LPS contents were found, what was in good agreement with the macroscopic examination, where only one straw was evaluated to have a proper hygienic quality. In comparison to the hay samples the straw showed higher LPS contents, but in many cases also a lower hygienic quality in the macroscopic examination. In most of the straw samples with high LPS contents the microbes also showed a tendency to higher counts. These findings are in good agreement with the results of Kamphues et al. (1991) and also Küstermann (1989), who found a strong correlation between a macroscopic examination and the LPS content of feedstuffs. If high LPS contents were seen in combination with low germ counts, this can be explained with germs that were deteriorated during the drying process (Kamphues et al., 1991). The other way round if high microbial counts were found in combination with lower LPS contents. This can be explained by the matter of fact that gram positive germs (or others that are not included in the LPS content) were growing (Kamphues et al., 1991).

For the hygienic quality of roughage for horses in total it can be concluded that a macroscopic examination (grasp, smell, colour and impurities) to judge the usability of the feed seems to be wise. Especially in cases of slight deficiencies of the hygienic quality in the macroscopic examination it seems to be useful to determine the microbial counts if possible with a specification of the germs and moulds. In that case indicator germs for deterioration would be detected (Kamphues et al., 2004). Moreover the determination of the LPS content seems to be useful as not always living germs are found in samples of low hygienic quality. Especially immunologic reactions of the horses can occur also if only dead germs are included in the roughage (Frevel, 1997; Paetkau, 1998).

It became obvious that in total the visited horse farms in Switzerland owned hay of better hygienic quality than their straw was. In most cases the straw had to be bought from other farms, often in other countries. Now there is the question if the farmers of the horse farms knew about the low hygienic quality of their straw. In that case it is possible that a good hygienic quality of hay is more important than of straw because this often is used as bedding. On the other hand high LPS contents and moulds are known to do harm in the respiratory tract of horses (Frevel, 1997; Paetkau, 1998). For this reason straw with high microbial counts or high LPS contents should not be used as bedding, either. Another possibility is that the hygienic quality of the straw was in total low in the concerning year, or the farmers did not see the signs of deterioration before the straw was delivered. In any case this shows again that it is important to look on all used feedstuffs and the bedding if it is searched for the reason of feed caused illnesses. Especially as in many (61 %) of the visited farms at least one horse showed respiratory disease or colic. Although no correlation between the hygienic quality and the count of these illnesses of the horses were found, it cannot be excluded, that in some cases the diseases were related to the hygienic quality of the roughage.

With in middle 65.8 % DM most of the silages had a very high DM content. Kamphues et al. (2004) describe a maximum pH from 5.4 at a DM content of > 45 % for a stable silage quality. But there is a strong correlation between increasing DM content and increasing pH. Normally silages become stable by acidification and a CO₂ – atmosphere. Up to now it is not known a lot about silages with DM contents between 55 % and 80 % DM. As in the present investigation most of these silages showed a proper hygienic quality, it can be speculated that they become stable because of the CO₂ – atmosphere. A higher level of CO₂ was found by a higher number of stretch film layers (from 6 to 10), what indicates a lower outflow of gas from the bale (Müller, 2005). After Müller (2005) a pH higher than 5 is not necessarily a sign of bad hygienic quality but only of low fermentation. Further Müller (2005) did not find higher counts of yeast and moulds in a haylage with a DM of 50 % in comparison to one with 35 % DM. What will happen with the hygienic quality over a longer period of aerobic storage, should be specified in further investigations.

The results of the DON analyses with help of ELISA and LC-MS/MS approved the results of earlier investigations (Josephs et al. 2004) that the ELISA can be used as screening method, but the results of the LC-MS/MS method differed from the results of the ELISA method. The DON contents of three of the straw samples were > 0.5 ppm. Zeyner et al. (2002) described in a case report disease signs at a DON contamination of 0.5-2.7 ppm in hay. Indeed this straw was also contaminated with other mycotoxins. In the present investigations no horses with disease signs attributable to mycotoxin exposure were seen. Further DON was the only mycotoxin analysed. In this study it should be used as indicator for a mycotoxin exposure in roughage used in horse nutrition. It seems interesting that the straw and hay with the highest DON contents were samples from the same horse farm. Further investigations on the effect of different mycotoxins on the health of horses seem to be necessary. Especially the immunosuppressive effect of some mycotoxins in connection with diseases of the horse (e.g. fungal diseases) should be investigated in future.

In conclusion: the farmers looked much more carefully after the hygienic quality of hay than of straw. Therefore the hygienic standard of the straw often is a health risk for the horses and should also be taken into account.

References

COENEN M., KIENZLE E., 1992: Beobachtungen zur hygienischen Beschaffenheit von Futtermitteln für Pferde in der tierärztlichen Ernährungsberatung. Sonderheft Pferdeheilkunde 8, 209-212

D'MELLO J. P. F., MACDONALD A. M. C., 1997: Mycotoxins. Anim. Feed Sci. Tech. 69, 155-166

D'MELLO J. P. F., PLACINTA C. M., MACDONALD A. M. C., 1999: Fusarium mycotoxins: A review of global implications for animal health, welfare and productivity. Anim. Feed Sci. Tech. 80, 183-205

FIMMEN H., 1987

Bestimmung des Lipopolysaccharidgehaltes in Futtermitteln durch den Lymulus-Amöbocyten-Lysat-Test. Diss. med. vet., Hannover

FREVEL M., 1997:

Experimentelle Induktion einer bronchialen Hyperreagibilität durch Inhalation eines Schimmelpilz-Milben-Substrates beim Pferd. Diss. med. vet., Hannover

GEDEK B., 1995: Futter und Fütterungshygiene.

in: Abel H., Flachowsky G, Jeroch H., Molnar S.: Nutztierernährung,
Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart, 354-374

JOHNSON P. J., CASTEEL S. W., MESSER N. T., 1997:

Effect of feeding Deoxynivalenol (Vomitoxin)-contaminated barley to horses.
J. Vet. Diagn. Invest. 9, 219-221

JOSEPHS R. D., DERBYSHIRE M., STROKA J., EMONS H., ANKLAM E., 2004:

Trichothecenes: reference materials and method validation. Tox. Letters 153, 123-132

KAMPHUES J., 1986:

Lipopolysaccharide in Futtermitteln - mögliche Bedeutung, Bestimmung und Gehalte.
Übers. Tierernährung 14, 131-156

KAMPHUES J., 1996:

Risiken durch Mängel in der hygienischen Beschaffenheit von Futtermitteln für Pferde.
Pferdeheilkunde 12, 326-332

KAMPHUES J., COENEN M., KIENZLE E., PALLAUF J., SIMON O., ZENTEK J., 2004:

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 10. Aufl., Verlag M. und H. Schaper, Alfeld- Hannover

KAMPHUES J., FIMMEN H., KÜSTERMANN S., MEYER H., 1991:

Lipopolysaccharides in feedstuffs for horses. J. Equine Vet. Sci. 11, 36-41

KÜSTERMANN S., 1989:

Eine Feldstudie zum Hygienestatus von Pferdefuttermitteln unter besonderer Berücksichtigung des Lipopolysaccharidgehaltes. Diss. med. vet., Hannover

MEYER H., COENEN M., 2002: Pferdefütterung. 4. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin

MÜLLER C. E., 2005: Fermentation patterns of small-bale silage and haylage produced as a feed for horses. Grass and Forage Science 60, 109-118

NEWMAN K. E., RAYMOND S. L., 2005:
Effects of mycotoxins in horses. in: Diaz D.; The Mycotoxin Blue Book, 57-76

ORTH R., 1981: Einfluss physikalischer Faktoren auf die Bildung von Mykotoxinen.
in: Reiss D.; Mykotoxine in Lebensmitteln, 85-100

PAETKAU H., 1998:
Immunologische Reaktionen im Serum und Tracheobronchialsekret junger Pferde auf eine kontrollierte inhalative Belastung mit Schimmelpilzen und Milben im Anschluss an eine definierte körperliche Belastung. Diss. med. vet., Hannover

PLATTNER R. D., MARAGOS C. M., 2003: Determination of deoxynivalenol and nivalenol in corn and wheat by liquid chromatography with electrospray mass spectrometry.
J. AOAC Int. 86, 61-65

RAYMOND S. L., HEISKANEN M., SMITH T. K., REIMANN M., LAITINEN S., CLARKE A. F., 2000:
An investigation of the concentrations of selected Fusarium mycotoxins and the degree of mold contamination of field- dried hay. J. Equine Vet. Sci. 20, 616-621

RAYMOND S. L., SMITH T. K., SWAMY H. V. L. N., 2003:
Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with Fusarium mycotoxins on feed Intake, serum chemistry, and hematology of horses, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. J. Anim. Sci. 81, 2123-2130

ROTTER B. A., PRELUSKY D. B., PESTKA J. J., 1996:
Toxicology of Deoxynivalenol (Vomitoxin). J. Tox. Environ. Health 48, 1-34

SCF, 1999: Opinion on Fusarium toxins. Part 1: Deoxynivalenol (DON)

SCHWADORF K., 1995:

Pilzbesatz und Mykotoxine in Futtermitteln. Diss. Naturwissenschaften, Hohenheim

WICHERT B., KIENZLE E., BAUER J., 1998:

Palatability and intake of silage in dairy cows in relation to hygienic quality.

J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr. 80, 253-259

WOLF P., COENEN M., KAMPHUES J., 2005:

A survey on the hygienic standard of feeds for horses associated with diseases.

Sonderheft Pferdeheilkunde 21, Equine Nutrition Conference Hannover, 24-25

ZEYNER A., FISCHER U., LINDNER A., 2002:

Distinct weight loss and elevated hepatic enzymes in horses caused by straw contaminated with Deoxynivalenol (case report).

Proc. Vet. and Comp. Nutr. Soc., Antwerp, Belgium, 54

4. Anhang

4.1. Fragebogen

4.1.1. Fragebogen Deutsch

Datum: _____

Betrieb Nr. _____

Fragebogen Grundfutterqualität Pferde

Stallbesitzer:

Name: _____

Adresse: _____

Telefon _____

I Pferde/Haltung

Ia) Auf welcher Höhe befindet sich der Betrieb?

- ☐ 400 – 600 m ü. M.
- ☐ 600 – 800 m ü.M.
- ☐ 800 – 1000 m ü. M.
- ☐ über 1000 m ü. M.

Ib) Um welche Betriebsform handelt es sich?

- ☐ Pensionsstall
- ☐ Handelsstall
- ☐ Privatstall
- ☐ Zuchtbetrieb
- ☐ Schulbetrieb
- ☐ andere, welche? _____

Ic) Wie viele Pferde in welchem Alter werden gehalten?

- unter 4 Jahre, Anzahl: _____
- 5 - 20 Jahre, Anzahl: _____
- über 20 Jahre, Anzahl: _____
- Stuten mit Fohlen, Anzahl: _____

Id) Wie werden die Pferde genutzt?

- ☐ Freizeit
- ☐ Sport, welche Sparte? _____
- ☐ Zucht

Ie) Hat es im letzten Jahr erkrankte Pferde im Stall gegeben?

☐ ja ☐ nein

wenn ja:

- Verdauungsapparat, Anzahl: _____
- Atemwege, Anzahl: _____
- Bewegungsapparat, Anzahl: _____

If) Werden noch andere Tiere auf dem Betrieb gehalten?

- Wenn ja, welche? _____

- Werden die Weiden gemeinsam mit diesen Tieren genutzt?

☐ ja ☐ nein

- Wenn ja, erfolgt die Benutzung abwechselnd?

☐ ja ☐ nein

II Futter/Produktion/Lagerung

Ila) Stammt das Raufutter aus eigener Produktion?

- ☐ ja, ausschliesslich _____
- ☐ ja, zu _____ % _____
- ☐ nein, alles wird zugekauft _____

Wenn ja: Werden diese Flächen jeweils gedüngt? ☐ ja ☐ nein

Womit? ☐ hofeigener Dünger (Mist/Gülle; Sw/Rd/Pfd)

☐ andere: _____

Wenn zugekauft wird: Woher?

- ☐ Schweiz, Kanton? _____
- ☐ Ausland: Welches Land? _____

Was wird zugekauft?

- ☐ Heu
- ☐ Stroh
- ☐ Silage
- ☐ Alleinfutter
- ☐ anderes, was? _____

Nach welchen Kriterien wird zugekauft?

- ☐ Qualität
- ☐ Quantität
- ☐ Preis
- ☐ geografische Entfernung
- ☐ andere, welche? _____

Wie beurteilen Sie selbst die Qualität Ihres Raufutters?

- ☐ eher schlecht, was? _____
- ☐ befriedigend, was? _____
- ☐ gut, was? _____

IId) Wird das Futter speziell für Pferde hergestellt?

- ☐ ja ☐ nein

Wenn nicht, für welche Tierart wäre es vorgesehen? _____

IId) Welcher Schnitt wird verwendet?

- ☐ 1. Schnitt, was? _____
- ☐ spätere Schnitte, welche? _____ was? _____

IId) Zu welchem Zeitpunkt wird etwa geschnitten?

- ☐ vor dem 15.Juni ☐ 15. Juni - 30.Juni
- ☐ 1. Juli – 14. Juli ☐ nach dem 15. Juli

- Oekoheu? ☐ ja ☐ nein

IId) Welchen Pflanzenbestand weist das Wiesenfutter auf?

- ☐ mehr als 70 % Gräser (gräserreich)
- ☐ 50 – 70 % Gräser
- ☐ mehr als 50 % Klee (leguminosenreich)
- ☐ mehr als 50 % Kräuter (kräuterreich)

IId) Welche Einstreu wird verwendet?

- ☐ Stroh
- ☐ anderes, was? _____

Wenn die Einstreu nicht aus Stroh besteht, wird Stroh zugefüttert?

- ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche Sorte? _____

IIg) Werden die einzelnen Futtermittel kombiniert gefüttert?

- ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, welche?

- ☐ Silage mit Heu
☐ Silage mit Stroh
☐ Heu mit Stroh
☐ Alleinfutter mit Stroh
☐ Heu, Stroh, Silage
☐ andere Kombinationen, welche? _____

IIh) Wie fressen die Pferde das Futter?

- ☐ gern
☐ eher ungern
☐ langsam (altes Pferd z. Bsp.)

IIi) Wie wird das Futter gelagert?

- ☐ unter Dach offen, was? _____
☐ unter Dach geschlossen, was? _____
☐ im Freien, was? _____

Wie lange ungefähr? _____

IIj) Wie wird das Raufutter gefüttert?

- ☐ lose
☐ gepresst

Wird es vorher speziell behandelt?

- ☐ ja, Heureinigungsmaschine
☐ ja, getaucht in Wasser
☐ ja, anders: _____
☐ nein

IIk) Wieviel Futter wird den Pferden täglich vorgelegt?

- ☐ ad libitum, was? _____
☐ individuelle Rationen, was? _____

III) Wieviel Futter muss jeweils verworfen werden?

- ☐ 0-10 % _____
- ☐ 10-20 % _____
- ☐ über 20 % _____

Warum?

- ☐ verdorben
- ☐ nicht aufgefressen
- ☐ verunreinigt, z. Bsp. mit Erde

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

4.1.2. Fragebogen Französisch

Datum: _____

Betrieb Nr. _____

Questionnaire sur le fourrage des chevaux

Propriétaire : Nom _____
 Adresse _____
 Téléphone _____

I Chevaux/Exploitation

Ia) À quelle hauteur votre ferme se trouve-t-elle?

- ☐ 400 – 600 m s. m.
- ☐ 600 – 800 m s. m.
- ☐ 800 – 1000 m s. m.
- ☐ plus de 1000 m s. m.

Ib) Quel type d'écurie avez-vous?

- ☐ écurie pensionnaire
- ☐ écurie de commerce
- ☐ écurie privée
- ☐ écurie d'élevage
- ☐ école d'équitation
- ☐ autres? _____

Ic) Combien de chevaux de quel âge sont dans votre écurie?

- 1 – 5 ans, nombre: _____
- 5 – 20 ans, nombre : _____
- plus de 20 ans, nombre: _____
- juments avec poulains, nombre: _____

Id) Comment utilisez-vous les chevaux?

- ☐ loisirs
- ☐ sport, quel secteur? _____
- ☐ élevage

Ie) Est-ce que vous avez eu des chevaux malades l'année passée?

☐ oui ☐ non

- si oui:

- appareil digestif, nombre: _____

- voies respiratoires, nombre: _____

- appareil locomoteur, nombre: _____

If) Avez-vous d'autres animaux sur votre exploitation?

- si oui, quelles espèces? _____

- Est-ce que les chevaux et les autres animaux pâturent sur la même pâture?

☐ oui ☐ non

- Si oui, est-ce que les pâtures sont utilisées en alternance?

☐ oui ☐ non

II Aliment/Production/Stockage

Ila) Est-ce que le fourrage provient de votre propre production ?

☐ oui, exclusivement _____

☐ oui, _____ % _____

☐ non, on achète tout _____

Si oui: Est-ce que vous y mettez de l'engrais? ☐ oui ☐ non

Quoi? ☐ de l'engrais de la propre exploitation
(porc/bovin/cheval)

☐ autres choses: _____

Si vous l'achetez: d'où?

☐ de la Suisse, canton? _____

☐ de quel autre pays? _____

Qu'est-ce que vous achetez?

☐ foin

☐ paille

☐ ensilage

☐ autres choses? _____

Quels sont vos critères lorsque vous achetez cet aliment ?

- ☐ qualité
- ☐ quantité
- ☐ prix
- ☐ distance
- ☐ autres choses? _____

Comment jugez-vous la qualité du fourrage de vos chevaux?

- ☐ assez mauvaise, quoi ? _____
- ☐ assez bonne, quoi ? _____
- ☐ bonne _____

IIf) Est-ce que le fourrage est produit spécialement pour les chevaux?

- ☐ oui
- ☐ non

Si non, pour quelle espèce d'animal est-il produit? _____

IIf) Quelle coupe utilisez-vous?

- ☐ 1^{ère} coupe _____
- ☐ des coupes faites plus tardes, quelles? _____

IIf) Quand est-ce que vous coupez le foin ou l'ensilage?

- ☐ avant le 15 juin
- ☐ 15 juin – 30. juin
- ☐ 1. juillet – 14 juillet
- ☐ après le 15. juillet

IIf) Quelles plantes se trouvent dans votre fourrage?

- ☐ plus de 70 % de graminées (épais)
- ☐ 50 – 70 % de graminées
- ☐ plus de 50 % de trèfle (riche de légumineuses)
- ☐ plus de 50 % d'herbes (riche d'herbes)

IIf) De quoi se compose la litière?

- ☐ de paille
- ☐ d'autres choses? _____

Si la litière ne se compose pas de paille, donnez-vous de la paille aux chevaux séparément?

- ☐ oui
- ☐ non

Si oui, quelle sorte? _____

IIg) Est-ce que vous combinez les aliments?

- ☐ oui ☐ non

Si oui, quels aliments combinez-vous?

- ☐ ensilage et foin
☐ ensilage et paille
☐ foin et paille
☐ foin, ensilage et paille
☐ d'autres combinaisons? _____

IIh) Comment les chevaux mangent-ils le fourrage?

- ☐ ils aiment le manger
☐ plutôt de mauvaise grâce
☐ lentement

IIi) Comment stockez-vous le fourrage?

- ☐ en grange, ouvert ; quel aliment? _____
☐ en grange, fermé ; quel aliment ? _____
☐ en plein air, quel aliment? _____

Pour combien de temps est-il stocké? _____

IIj) Comment donnez-vous le foin?

- ☐ lâche
☐ comprimé

Est-ce que vous le traitez d'une manière spéciale avant de le donner aux chevaux?

- ☐ oui, à la machine
☐ oui, on le mouille
☐ oui, autrement _____
☐ non

IIk) Quelle est la quantité d'aliment que vous donnez à vos chevaux par jour?

- ☐ ad libitum, quoi? _____
☐ rations, quoi? _____

III) Quel pourcentage de l'aliment devez-vous jeter?

- ☐ 0-10 %
- ☐ 10-20 %
- ☐ plus de 20 %

Pourquoi?

- ☐ pourri
- ☐ pas mangé entièrement
- ☐ contaminé (p.ex. contenant de l'humus)

Merci de votre collaboration!

4.2. Anhang Tabellen

4.2.1. Tabellen zu Manuskript 1

Tabelle 3: Anzahl besuchte Betriebe pro Kanton

Kanton	Anzahl Betriebe
AG	3
AR/AI	1
BL/BS	1
BE	8
FR	2
GE	1
GL	1
GR	2
JU	3
LU	2
NE	1
OW/NW/UR	1
SG	3
SH	1
SO	2
SZ	1
TG	2
TI	1
VD	4
VS	1
ZG	1
ZH	4

Tabelle 4: Fruktangehalte (g/kg TS) in Silagen/Heulagen der besuchten Betriebe

Betrieb	Futtermittel	Schnitt/	Fruktan
1	Silage	1	8.4
2	Silage1	1	14.77
3	Silage1	1	14.18
3	Silage2	2	18.72
4	Silage	1	4.16
5	Silage	1	35.21
6	Silage	1	20.68
7	Silage	1	14.13
8	Silage	1	17.68
11	Silage	1	5.82
12	Silage1	1	13.1
12	Silage2	2	8.01
16	Silage	1	8.73
17	Silage	1	10.98
19	Silage	1	16.88
25	Silage	1	5.82
27	Silage	1	2.57
28	Silage	1	11.33
30	Silage	1	4.93
36	Silage	1	5.61
37	Silage	1	6.04
39	Silage	1	37.82
41	Silage	3	14.51
43	Silage	1	8.4

Anhang

Tabelle 5: Fruchtgehalte (g/kg TS) in Grünfütter der besuchten Betriebe

Betrieb	Futtermittel	Zusammensetzung	Fruchtan
14	Gras		51.79
19	Gras		43.75
20	Gras		75.75
25	Gras1	Kleereich	18.73
25	Gras2	Gräserreich	33.23
26	Gras1	Gräserreich	66.36
26	Gras2	Kleereich	25.23
30	Gras1	ungedüngt	94.28
30	Gras2	gedüngt	60.21
31	Gras		38.12
33	Gras		36.99
34	Gras		18.15
35	Gras W1		28.93
35	Gras W2		58.55
35	Gras W3		23.15
35	Gras W4		44.64
38	Gras		32.62
40	Gras		8.71

Tabelle 6: Anzahl Betriebe pro Schnittzeitpunkt für Schweizer Heu des 1. Schnittes (n=34)

Schnittzeit	Anzahl Betriebe
vor 15.06.	13
15.06. bis 30.06	16
01.07. bis 15.07.	3
nach 15.07.	2

Tabelle 7: Anzahl Betriebe pro Schnittzeitpunkt für Schweizer Silage/Heulage des 1. Schnittes (n=14)

Schnittzeit	Anzahl Betriebe
vor 15.06.	8
15.06. bis 30.06	4
01.07. bis 15.07.	2
nach 15.07.	0

4.2.2. Tabellen zu Manuskript 2

Tabelle 8: Anzahl der Heuproben, die sich unter und über dem Grenzwert für aerobe, mesophile Bakterien, Hefen und Schimmelpilze befinden (n=58; KBE/g= Kolonie bildende Einheiten pro Gramm)

Keim	Anzahl Proben unter Grenzwert	Anzahl Proben über Grenzwert
Bakterien, aerob, mesophil; Grenzwert: 10^5 KBE/g	31	27
Hefen; Grenzwert: 10^3 KBE/g	5	53
Schimmelpilze; Grenzwert: 10^4 KBE/g	35	23

Tabelle 9: Anzahl der Strohproben, die sich unter und über dem Grenzwert für aerobe, mesophile Bakterien, Hefen und Schimmelpilze befinden (n=47; KBE/g= Kolonie bildende Einheiten pro Gramm)

Keim	Anzahl Proben unter Grenzwert	Anzahl Proben über Grenzwert
Bakterien, aerob, mesophil; Grenzwert: 10^5 KBE/g	13	34
Hefen; Grenzwert: 10^3 KBE/g	6	41
Schimmelpilze; Grenzwert: 10^4 KBE/g	20	27

Tabelle 10: Anzahl der Silage/Heulageproben, die sich unter und über dem Grenzwert für aerobe, mesophile Bakterien, Hefen und Schimmelpilze befinden (n für Bakterien=25, für Hefen und Schimmelpilze=14; KBE/g= Kolonie bildende Einheiten pro Gramm)

Keim	Anzahl Proben unter Grenzwert	Anzahl Proben über Grenzwert
Bakterien, aerob, mesophil; Grenzwert: 10^5 KBE/g	17	7
Hefen; Grenzwert: 10^3 KBE/g	2	12
Schimmelpilze; Grenzwert: 10^4 KBE/g	9	5

Tabelle 11: Anzahl der Heu/Strohproben, die sich unter und über dem Grenzwert (35 µg/g) für Lipopolysaccharide (LPS) befinden

Futtermittel	Anzahl Proben unter Grenzwert	Anzahl Proben über Grenzwert
Heu (n=58)	41	17
Stroh (n=47)	14	33

5. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen, die in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, recht herzlich danken. Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. M. Wanner für das interessante Thema, die Übernahme des Referates und die kritische Durchsicht des Manuskriptes

Herrn Prof. Dr. J. Morel für die Übernahme des Korreferates und für die Zusprache der finanziellen Mittel aus dem Bundesamt für Landwirtschaft

Frau Dr. B. Wichert für die Idee dieser Arbeit und die jederzeit gewährte, kompetente und freundliche Betreuung

Frau B. Schneider und Frau B. Küffer für die Durchführung der Laborarbeiten, die interessanten Gespräche und das gute Arbeitsklima

Herrn Prof. Dr. M. M. Wittenbrink für die mikrobiologischen Untersuchungen

Frau Dr. P. Wolf für die Bestimmung des LPS-Gehaltes

Herrn A. Hecker und Frau E. Jenni von der FAL Reckenholz für die Unterstützung bei der DON-Extraktion

Herrn Prof. Dr. J. Bauer für die genaue Bestimmung der DON-Gehalte mittels LC-MS/MS

Frau Dr. A. Liesegang für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung

Meinen Mitdoktorandinnen Carmen, Karin, Lucie, Monica, Sibyl und Tanja, sowie Frau G. Eger für ihre Unterstützung, die interessanten Gespräche und die lustigen Stunden

Das grösste Dankeschön geht an meine Familie, insbesondere an meine Eltern und an meinen Partner Rolf, auf deren Hilfe und Unterstützung ich während meiner gesamten Ausbildung immer zählen konnte und die mir diesen beruflichen Werdegang überhaupt ermöglichten.

6. Curriculum vitae

Personalien

Name	Nater
Vorname	Sarah
Geburtsdatum	5. April 1978
Zivilstand	ledig
Bürgerort	Kemmental TG

Ausbildung

1985 – 1991	Primarschule, Frauenfeld
1991 – 1998	Gymnasium, Kantonsschule Frauenfeld
Januar 1998	Matura Typus B
1998 – 1999	Studium Biologie, Universität Zürich
1999 – 2004	Studium Veterinärmedizin, Universität Zürich
November 2004	Staatsexamen Veterinärmedizin, Universität Zürich
Januar 2005 bis	
April 2006	Dissertation am Institut für Tierernährung, Universität Zürich

